

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

**FIAT**  
TORINO

**SOCIETÀ  
PER AZIONI  
UNIONE  
CEMENTERIE**

**MARCHINO  
EMILIANE**

E DI

**AUGUSTA**

**UNI CEM**

Direzione Generale:  
**Via C. Marengo 25  
10126 TORINO**

NUOVA SERIE . ANNO XXVI . N. 7-8 . LUGLIO-AGOSTO 1972

## SOMMARIO

### ATTI DELLA SOCIETÀ

- D. BUELLI - *Visita all'impianto idroelettrico ad accumulo per pompaggio del Lago Delio dell'ENEL* . . . . . pag. 109
- S. BONO - *Tipologie di macrostrutture spaziali* . . . . . » 113
- G. BRINO, F. ROSSO - *La casa dell'Architetto Alessandro Antonelli in Torino (Iconografia)* . . . . . » 115

### RASSEGNA TECNICA

- E. VALLERANI - *Progetto preliminare degli Scudi Termici nel Vettore Europa III* . . . . . » 140
- G. OELKER - *EUROPA III - Presentazione dei lavori svolti durante la fase preparatoria e caratteristiche del vettore* . . . . . » 148

*Direttore:* Guido Bonicelli.

*Comitato d'onore:* Gaudenzio Bono, Mario Brunetti, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rolando Rigamonti, Rinaldo Sartori, Paolo Verzone, Vittorio Zignoli.

*Comitato di redazione:* Anna E. Amour, Giuseppe Boffa, Dante Buelli, Francesco Dolza, Loris Garda, Carlo Mortarino, Mario Federico Roggero, Ugo Piero Rossetti.

*Segretario di redazione:* Oreste Gentile.

*Redazione, segreteria, amministrazione:* Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, via Giolitti, 1 - Torino.

Publicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000. Prezzo del presente fascicolo L. 1000.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

**SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III/70**

# ALLIS-CHALMERS PALE CINGOLATE

una gamma prestigiosa per soddisfare tutte le esigenze nei lavori di sbanca-  
mento, di scavo, di carico.

completamente automatizzate, montano i più moderni dispositivi per rendere mi-  
nima la fatica dell'operatore e assicurare la massima produzione in ogni condizio-  
ne d'impiego.

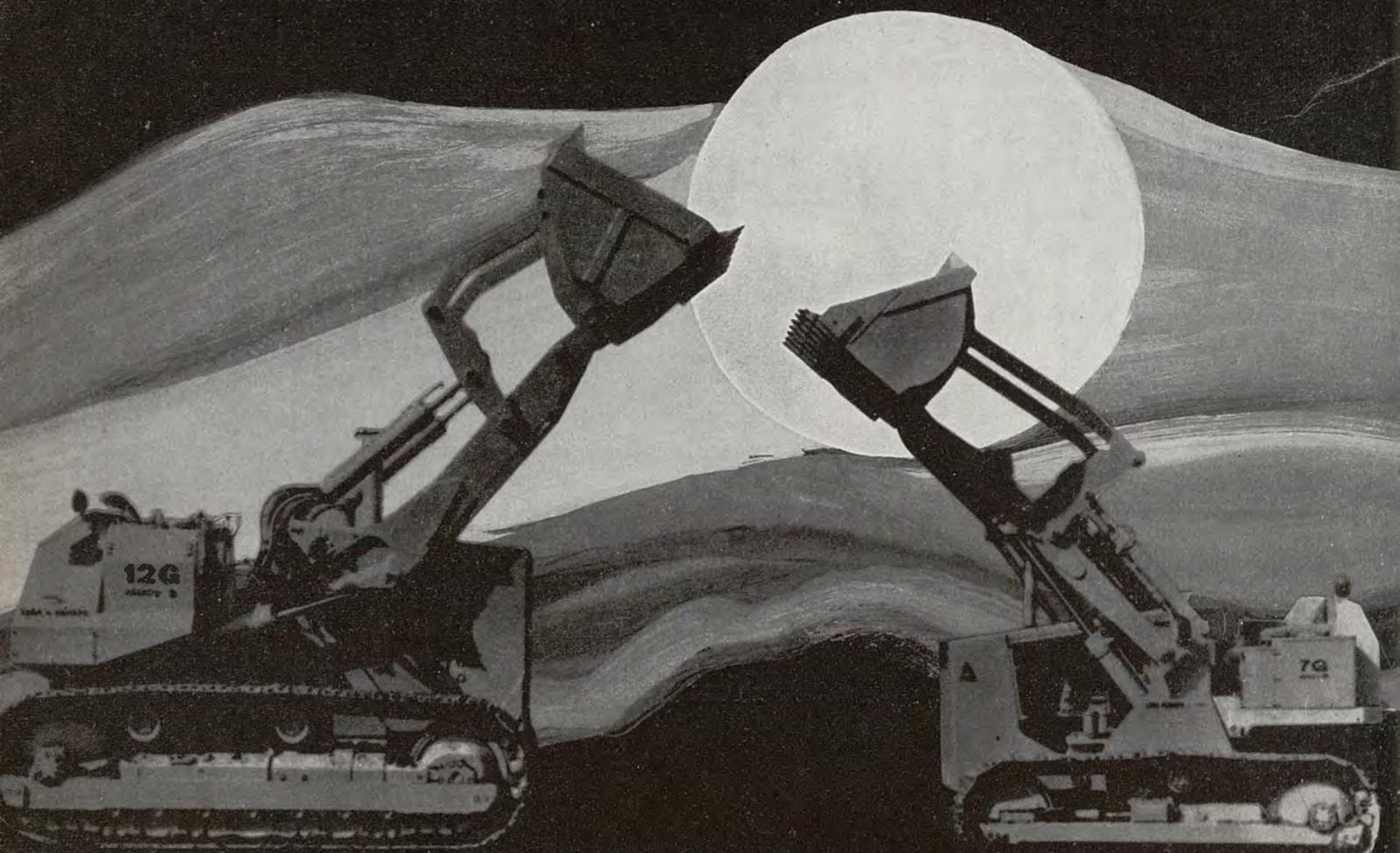
7 GB - Compatta, potente, robu-  
sta, 117 HP netti al volano - 1,35  
mc di benna

12 GB - Nuova grossa pala per  
gli impegni più gravosi - 195 HP  
netti al volano - 2,70 mc di benna



## LORO & PARISINI

20144 Milano, Via Savona 129 - tel. 470101/470134  
35010 Padova (Limena) Zona industriale, Via Unità d'Italia - tel. 67610  
00162 Roma, Via della Lega Lombarda 34/36 - tel. 4952651/2/3



## Visita all'impianto idroelettrico ad accumulo per pompaggio del Lago Delio dell'ENEL

Il 10 giugno 1972 ha avuto luogo la visita all'impianto del Lago Delio organizzata dalla nostra Società in collaborazione con la Sezione di Torino dell'Associazione Elettrotecnica Italiana. La centrale, ora denominata Roncovalgrande, è sita nella località omonima sulla sponda lombarda del Lago Maggiore, nel Comune di Maccagno, a circa 6 km dal confine con la Svizzera. La visita si è svolta con piena soddisfazione dei partecipanti. Essi, giunti in centrale verso le ore 10, sono stati ricevuti dagli ingegneri Brignole, Picciau e Castelli dell'ENEL.

Dopo un'illustrazione delle caratteristiche dell'impianto, i partecipanti, in gruppi, hanno effettuato una dettagliata visita alle singole parti della centrale. Al termine, essi si sono radunati in un locale di Maccagno per la colazione.

Il ritorno ha avuto luogo lungo la sponda piemontese del lago, utilizzando il traghetto da Laveno a Verbania. È stato così possibile ammirare, sia pur velocemente, Stresa, Pallanza e le altre note località del lago.

L'impianto del Lago Delio, previsto per una potenza complessiva di 1040 MW in generazione e di 720 MW in pompaggio, si inserisce nel limitato numero di centrali ad accumulo per pompaggio di eccezionale potenza attualmente realizzate od in corso di realizzazione in alcuni Paesi europei e negli Stati Uniti, in relazione alla recente tendenza di affidare a questi impianti una parte rilevante della produzione di energia di punta necessaria per le grandi reti interconnesse. Detto indirizzo è conseguenza dell'attuale orientamento, sempre più accentuato, per la costruzione di grandi centrali termiche e nucleari che permettono di disporre di notevoli quantitativi di energia a basso costo nelle ore di minor carico.

Lo sviluppo degli impianti di pompaggio è stato pure favorito dal miglioramento delle tecniche di progettazione e di costruzione del macchinario idraulico con possibilità di concentrazione di grandi potenze in un solo impianto e conseguente aumento del rendimento — che negli impianti più moderni può arrivare ad oltre il 70% per l'intero ciclo di pompaggio e successiva produzione — nonché dall'estendersi dell'interconnessione nazionale ed internazionale delle reti elettriche, la quale ha permesso un miglior coordinamento ed una più razionale utilizzazione delle diverse fonti di produzione di energia elettrica, con conseguente aumento delle disponibilità di energia destinata agli impianti di pompaggio.

Altri vantaggi di questi tipi di impianti sono quelli peculiari presentati dagli impianti idroelettrici: lunga durata, che spesso raggiunge i 40 ÷ 50 anni; elevata disponibilità; continuità e sicurezza

di funzionamento; rapidità di messa in marcia e di risposta alle richieste di variazione del carico, con conseguente elevato contributo alle funzioni di riserva rotante e di copertura delle punte del diagramma di carico.

In Italia, parallelamente alla costruzione di grandi centrali termoelettriche e nucleari, è stato avviato un importante programma di realizzazione di impianti ad accumulo per pompaggio; attualmente l'ENEL ha in costruzione otto impianti (tenendo conto di quello del Lago Delio), che entreranno gradatamente in servizio entro il 1976, per una potenza complessiva installata di 3200 MW. Inoltre, secondo studi effettuati dall'ENEL, l'orografia del nostro Paese è tale da consentire impianti di pompaggio economicamente convenienti per una potenza complessiva di circa 10.000 MW, distribuiti lungo l'arco alpino e la catena appenninica; tale valore risulta pari a circa i due terzi della potenza degli impianti idrici italiani attualmente in esercizio e ad oltre la metà di quelli termici. Analisi più dettagliate potranno portare ad un ulteriore notevole aumento di tali valori.

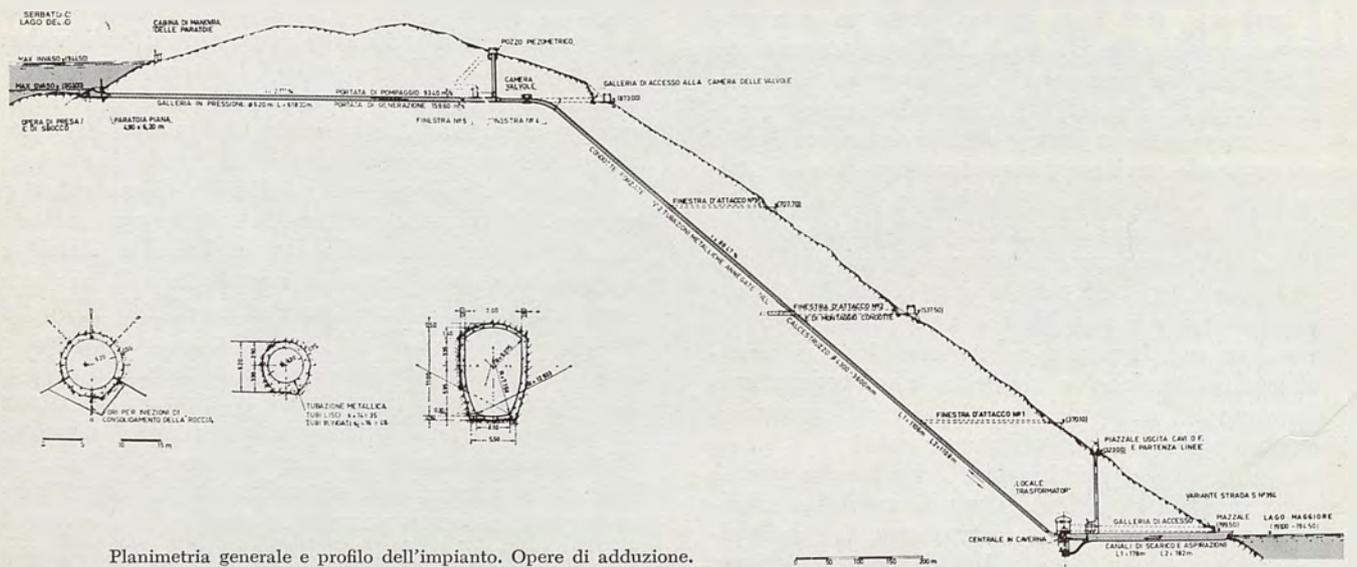
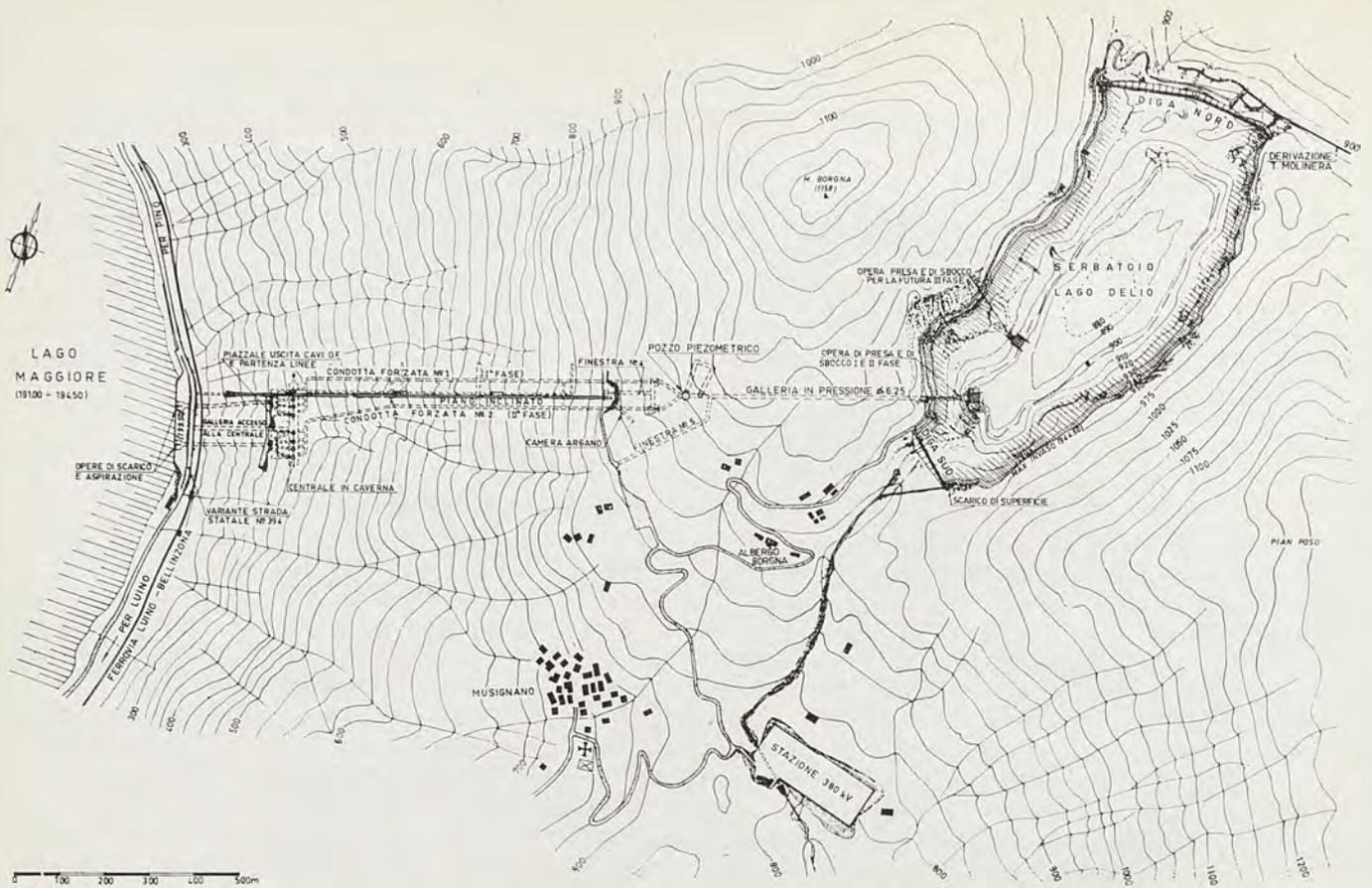
Tornando all'impianto del Lago Delio, esso accumula nell'esistente serbatoio omonimo le acque prelevate dalla sponda del Lago Maggiore nelle ore notturne e festive di basso carico per derivarle quindi nelle ore diurne di maggior richiesta. L'impianto utilizza la differenza di livello fra i due serbatoi variabile da 753,5 a 708,5 m. In centrale sono installati otto gruppi, ciascuno comprendente una turbina Pelton di 130 MW, una pompa di 90 MW ed un alternatore-motore di 140 MVA; due gruppi sono già in esercizio ed i restanti sono ormai in stato di avanzata costruzione.

La produzione annua della centrale, stimando l'utilizzazione della potenza in circa 1000 ore all'anno, è prevista di un miliardo di kWh, ottenuta praticamente per intero mediante l'accumulo per pompaggio: infatti il bacino imbrifero afferente al Lago Delio è di soli 4,85 km<sup>2</sup>.

Le caratteristiche principali dell'impianto risultano le seguenti:

*serbatoio del Lago Delio* con capacità di 11,2 milioni di m<sup>3</sup>, di cui oltre 9 utilizzabili ed equivalenti a circa 15 milioni di kWh; 4,5 milioni di m<sup>3</sup> sono derivati dall'invaso naturale del lago al di sotto della quota 922 e per il resto dall'invaso creato da due sbarramenti, siti alle due estremità del lago stesso, aventi il livello di ritenuta a quota 944,5. Gli sbarramenti sono entrambi di tipo a gravità massiccia in calcestruzzo.

La diga sud, ad andamento planimetrico rettilineo, ha lunghezza al coronamento di 154 m e massima altezza sul punto più depresso di fonda-



Planimetria generale e profilo dell'impianto. Opere di adduzione.

zione di 35,70 m. Il volume del calcestruzzo è di 28.000 m<sup>3</sup>.

La diga nord, ad andamento planimetrico spezzato, misura al coronamento 411,70 m e la sua massima altezza raggiunge 29,50 m. Il volume del calcestruzzo è di 70.000 m<sup>3</sup>.

*galleria di derivazione* con diametro di 6,2 m, lunga 618 m, rivestita in calcestruzzo variamente armato a seconda della qualità della roccia attraversata;

*pozzo piezometrico* comprendente una camera di alimentazione superiore, di diametro 6,20 m e di capacità 800 m<sup>3</sup>; una camera di compenso

superiore di 2000 m<sup>3</sup> ed una inferiore di 1800 m<sup>3</sup>, entrambe di diametro 6,20 m; la canna verticale avente diametro di 4,30 m ed altezza di 64 m.

*due condotte forzate*, del tipo metallico bloccato in roccia, costituite per circa 515 m da tubi saldati, e per circa 590 m da tubi blindati; esse sono disposte in due gallerie parallele distanti tra di loro 60 m ed aventi pendenza dell'88%. I diametri interni delle tubazioni variano da 4,30 a 3,80 m. La partecipazione della roccia alla resistenza alle pressioni interne ha consentito di ridurre del 25% circa gli spessori della tubazione metallica;

centrale in caverna, rappresentante l'opera di maggior impegno di tutto l'impianto, sia per le caratteristiche degli otto gruppi ad asse verticale che vi sono installati, sia per le dimensioni dello scavo e la complessità delle strutture della caverna principale. Essa è ubicata nel punto in cui è minima la distanza del Lago Maggiore dal Lago Delio: il suo asse longitudinale è all'incirca perpendicolare alla direzione dei banchi di roccia, allo scopo di rendere più semplice lo scavo ed il rivestimento della caverna. Le dimensioni interne della sala macchine sono: lunghezza 195,50 m; larghezza a quota ingresso 18,00 m; altezza (compresa la fossa pompe) 58,70 m.

Quattro delle otto turbine Pelton hanno cinque getti, le altre sei, a seconda dei criteri di progettazione seguiti dalle case costruttrici.

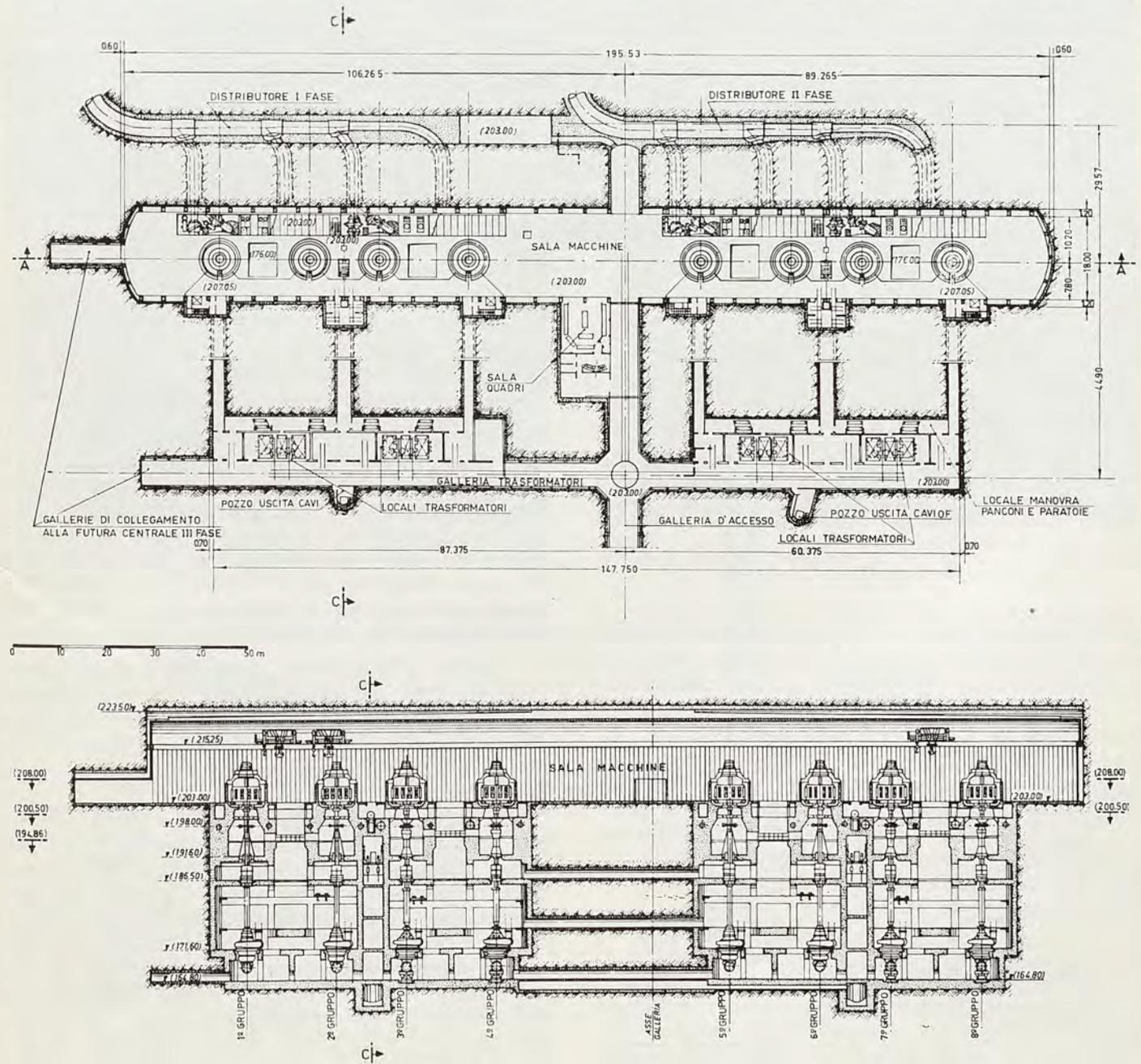
Le pompe sono a quattro stadi. Per prevenire i fenomeni di cavitazione, si è assicurato alla pompa un battente minimo sulla mezzeria della

ruota del primo stadio di circa 21,60 m; il giunto di accoppiamento pompa-turbina è del tipo a corone dentate, innestabili con gruppo fermo.

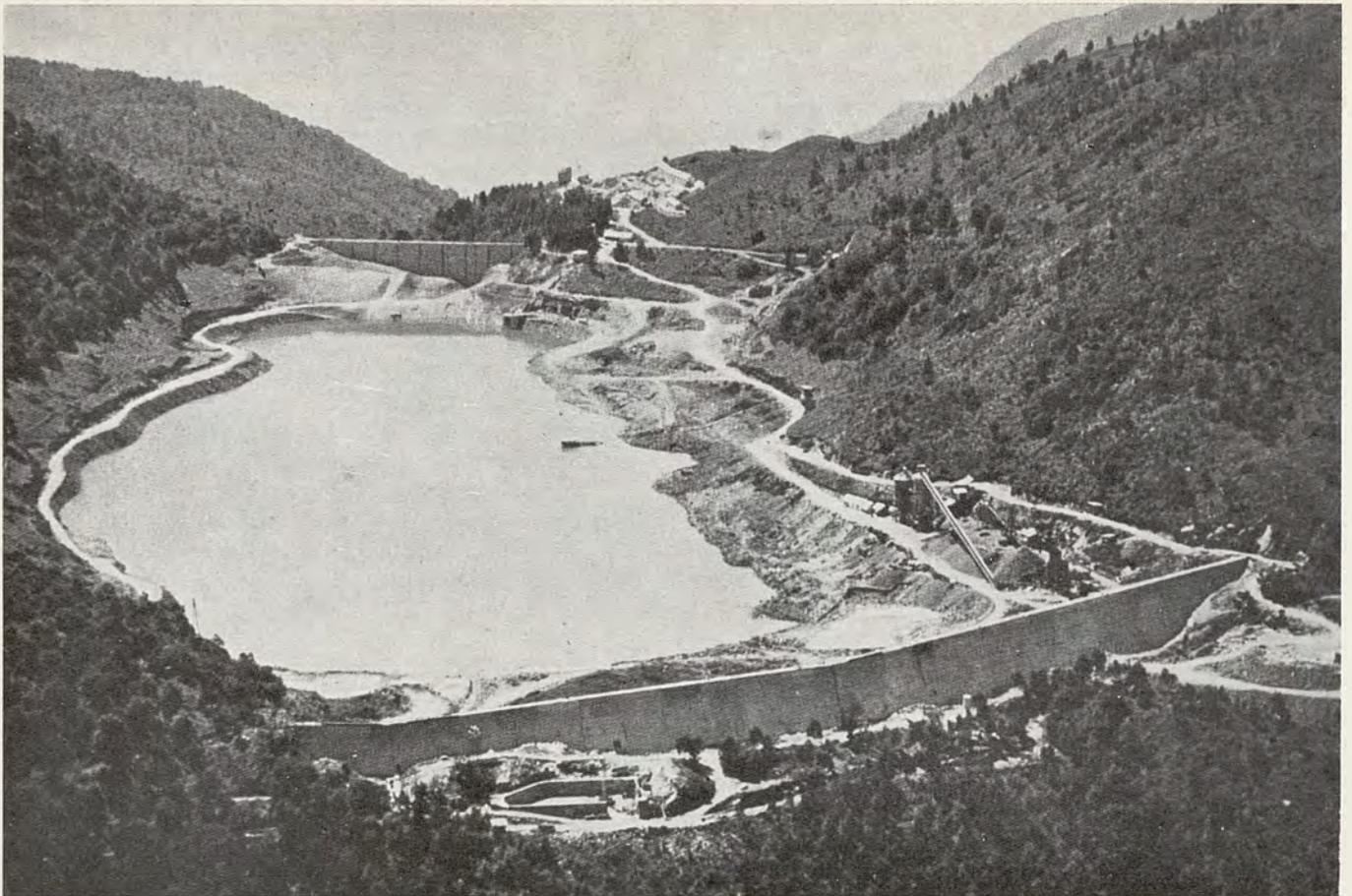
La portata massima complessiva delle otto turbine è di 160 m<sup>3</sup>/s, quella delle pompe di circa 94 m<sup>3</sup>/s.

Gli alternatori-motori sono a dodici poli con potenza nominale di 140 MVA, a 17 kV, 500 giri/min. L'albero di collegamento alternatore-turbina-giunto-pompa raggiunge l'eccezionale lunghezza di circa 40 m ed è dotato di sette supporti di guida. Ogni gruppo di due alternatori è collegato ad un trasformatore trifase a tre avvolgimenti della potenza di 140/140/280 MVA, rapporto 17/17/410 kV. L'uscita lato 420 kV del trasformatore è realizzata mediante cavi unipolari in olio fluido.

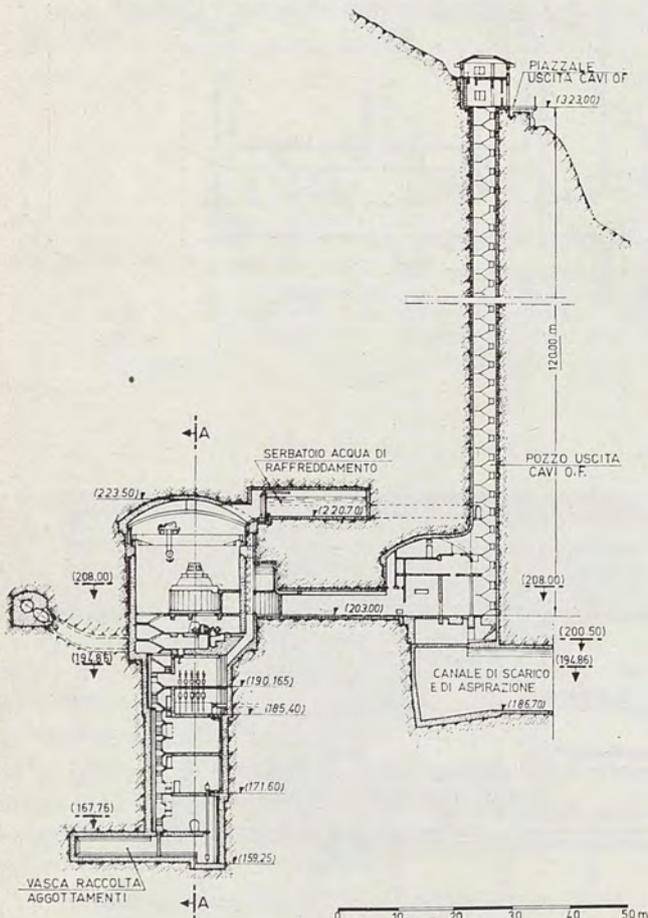
Per il deposito dei pezzi delle macchine si utilizzano un'ampia area centrale e due minori alle estremità della sala alternatori: tra ogni coppia di gruppi c'è un pozzo per il montaggio delle pompe.



Pianta e sezione longitudinale della centrale.



Veduta del serbatoio del Lago Delio con i due sbarramenti a gravità.



Sezione trasversale della centrale in corrispondenza del pozzo verticale di collegamento con il piazzale di partenza delle linee aeree.

La galleria di accesso è lunga 220 m circa. Per la costruzione del piazzale dal quale essa si diparte è stato necessario spostare verso monte la strada statale n. 394 per una lunghezza di 500 m.

canali di scarico e di aspirazione delle acque fra la centrale ed il Lago Maggiore (uno ogni quattro gruppi): ciascun canale è lungo 180 m circa ed ha una sezione di notevole altezza (11 m), dovendo consentire sia la restituzione a pelo libero delle portate turbinate col livello massimo del Lago Maggiore (a 194,50), sia il convogliamento delle portate da pompare con il livello minimo del lago (q. 191,00).

piazzale di partenza delle linee aeree, posto a quota 323, m, collegato alla centrale da due pozzi verticali di 120 m di altezza entro cui sono posati i cavi in olio fluido provenienti dai trasformatori ed ove sono ubicati l'ascensore e la scala di servizio.

Dal piazzale si dipartono le linee aeree dirette alla stazione di smistamento, la quale è sita su di un pianoro a quota 804 m, poco al di sotto della diga sud del Lago Delio ed a circa 1,5 km di distanza, in linea d'aria, dalla centrale. Detta stazione occupa un'area di circa 25.000 m<sup>2</sup>: da essa si dipartono tre linee aeree a 380 kV, di cui due dirette alle stazioni di Turbigo e di Cislago, ove avviene il collegamento con la rete ENEL a tale tensione, e la terza verso la Svizzera.

Dante Buelli

# TIPOLOGIE DI MACROSTRUTTURE SPAZIALI

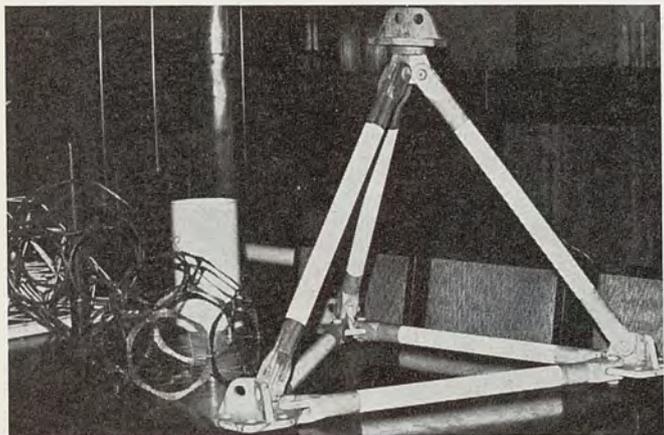
Il 27 giugno scorso il Collega prof. ing. SAVERIO BONO ha tenuto una conferenza sul tema « Tipologie di macrostrutture spaziali ». Egli ci ha inviato il testo seguente, che si rifà agli argomenti esposti nell'accennata riunione.

Goffredo Guglielmo Leibniz, scienziato « completo » come il nostro Leonardo, inventore di una macchina per calcolare, coinventore del calcolo binario, a tal punto da essere chiamato il « Santo patrono della cibernetica » afferma che « lo spazio è nulla senza la materia ».

Infatti se lo spazio è il sedime delle « cose » che, nel loro insieme, noi chiamiamo materia, lo spazio senza quelle « cose » non sarebbe definibile.

Solo se introduciamo delle cose nello spazio e se lo facciamo secondo certe regole, possiamo pervenire alla definizione geometrica dello spazio, che sarà lineare, planare, spaziale, iperspaziale a seconda del numero delle coordinate, ossia a seconda delle regole messe alla base del giuoco.

Le cose da introdurre nello spazio, onde pervenire alla sua definizione, ossia alla sua organizzazione, possono essere prelevate da uno degli stati di aggregazione della materia cioè gassoso, liquido, solido o anche da più di uno di essi, così come ha fatto in passato la Natura, nelle sue infinite e mirabili manifestazioni.



Elemento tetraedrico che pone in evidenza il sistema nodale applicato nella struttura a più piani e nella piastra esatropa rappresentata più avanti nelle figure che seguono.

Non è possibile tuttavia prescindere dall'ordine o dal disordine che caratterizza gli atomi e le molecole che costituiscono la materia prelevata.

La teoria cinetica dei gas ci ha presentato i modelli differenziali dei tre stati di aggregazione della materia, caratterizzando i diversi possibili legami e la loro resistenza alla sollecitazione termica, che può agire in senso distruttivo nei confronti della aggregazione, salvo il caso dello stato solido e meglio ancora dello stato solido cristallino.

In questi casi i legami, alquanto più validi, si oppongono alla sollecitazione termica, riuscendo a mantenere la formazione molecolare che si definisce *ordinata* per i solidi e *perfettamente ordinata* per i solidi cristallini.

Per questi ultimi, si verifica una tendenza alla sovrapposizione, che realizza la *simmetria* nello spazio uni- bi- e tri-dimensionale rispettivamente nell'ambito della linea retta che dà luogo ad un reticolo definito da un vettore; del piano, che dà

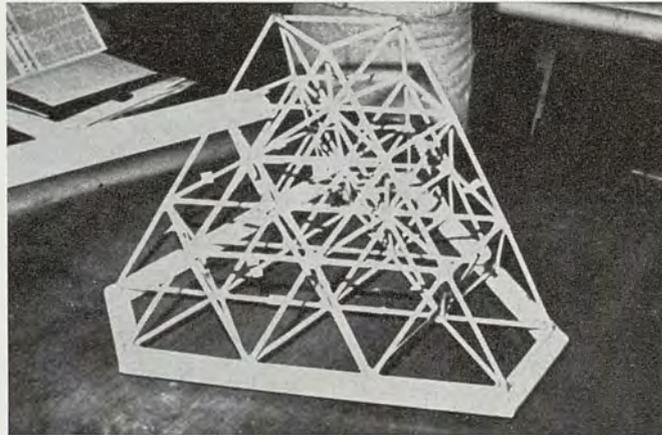
luogo ad un reticolo definito da due vettori; dello spazio, che dà luogo ad un reticolo definito da tre vettori.

Combinando tra loro gli elementi di simmetria nei 230 modi possibili, si ottengono altrettanti *gruppi spaziali*, che sono alla base dello studio delle forme cristalline, detto *cristallografia*.

La ripetizione degli atomi secondo le simmetrie di un gruppo spaziale genera una struttura caratterizzata da tanti reticoli quanti atomi sono presenti nella cella elementare.

Le relazioni tra la struttura dei cristalli, le proprietà fisiche e chimiche ed i legami che uniscono gli atomi, vengono studiate dalla *cristallochimica* che è una importante branca della *cristallografia*.

La natura ci ha dato, attraverso le strutture cristalline, indicazioni per le composizioni geometriche, deformabili o indeformabili, statiche o iperstatiche, composte o derivate da punti, rette, curve, sistemi vettoriali, analogie, omotetie, simmetrie, interferenze, involuzioni, similitudini, luoghi e figure geometriche, stereometriche, poliedriche.



Struttura a più piani realizzata con elementi tetraedrici adatta per fondazioni (soluzione presentata per le fondazioni marittime dell'attraversamento dello stretto di Messina).

Senza contare le loro infinite combinazioni, non tutte utilizzabili, specie le meno semplici, ai fini del raggiungimento dell'equilibrio degli elementi assiemati, nell'ambito di deformabilità, indeformabilità, combinabilità, ripetibilità.

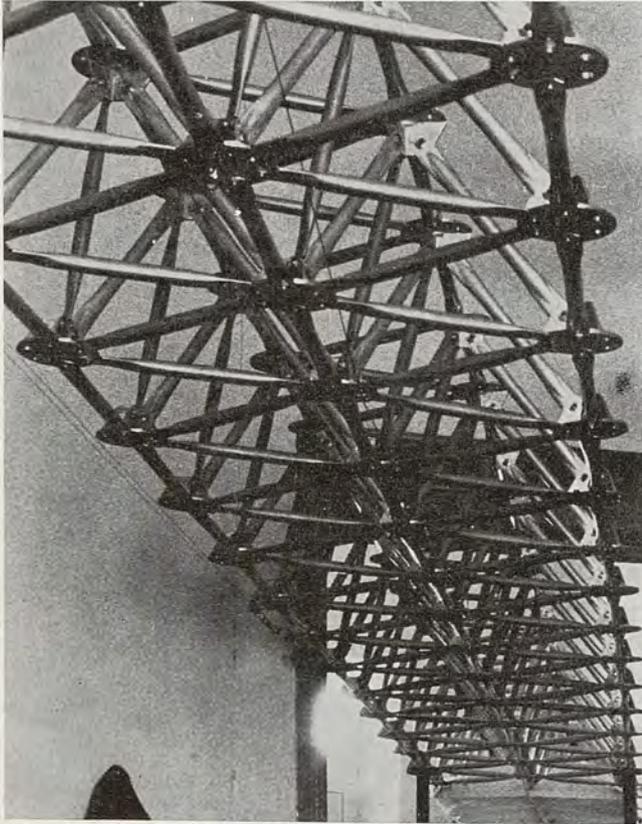
Soffermandoci sulle forme più semplici, consideriamo il triangolo: esso è stabile anche se i suoi vincoli sono articolati; il quadrato: esso non è stabile se i suoi vincoli non sono rigidi, potendo diventare, pur senza rompersi, un rombo o losanga.

Un insieme chiuso di triangoli sarà indeformabile; sarà possibile costruire figure indeformabili con triangoli e quadrati, anche se questi ultimi sono deformabili.

Nello spazio a dimensioni superiori le cose cambiano, pervenendo a poliedri complessi ed a strutture ripetitive, per le quali analisi ed intuizione sono assai meno semplici e condizionano l'importanza realizzativa dei nodi, elementi dai quali può dipendere il successo commerciale delle strutture.

Seguono nella scala gerarchica delle premienze, gli elementi di collegamento dei nodi, cioè le aste, la cui concezione distributiva della materia, fonda le sue radici nelle suggestioni della natura che ci offre la forma tubolare, presente in molti organismi animali e vegetali, come la più conveniente per la resistenza allo svergolamento, alla torsione ed alla flessione, nonché per la rigidità congiunta alla leggerezza ed a buone qualità aerodinamiche.

Andando dal complesso al semplice, passiamo dal cubo (6 facce, 8 vertici, 8 spigoli) alla piramide a base quadrata (5 facce, 8 vertici, 8 spigoli), al tetraedro (4 facce triangolari, 4 vertici, 6 spigoli).



Piastra esatropa realizzata con elementi tetraedrici adatta per coperture di grandi luci (aviorimesse, palestre, piscine, ecc.).

Tutti i silicati e molti composti organici (contenenti carbonio), hanno una impalcatura tetraedrica; sono possibili concatenamenti per vertici, per spigoli, per facce.

Per dirla con Bartolo Baldanza, professore di Geologia dell'Università di Perugia, ed eminente studioso di meteoriti, la Natura, in questi ultimi nove miliardi di anni, ha largamente prodigato modelli ed archetipi per edifici biologici e cristallini, terrestri ed extra tellurici, obbedienti a regole di stabilità chiaramente riscontrabili oggi nei sistemi spaziali (tridimensionali).

Microscopici esseri della fauna marina, come le Radiolacee *Tuscaretta globosa*, alghe dei mari profondi ed altri organismi mono e pluricellulari, offrono continue conferme ed aprono nuovi orizzonti, additando agli architetti forme dotate di bellezza, di logica, di leggerezza e di rigidità.

Nella preistoria, con l'abbandono delle caverne, l'uomo ha cominciato a costruire, cioè a creare

dei volumi definiti da punti nello spazio; ad appoggiare delle masse obbedienti alla gravità in modo da formare muri, colonne e volte, impiegando tecniche più evolute, ma sempre schiave della gravità, della verticalità, della orizzontalità.

I laterizi tubolari incastrati, di epoche e civiltà risalenti a 30 secoli a. C., usati nelle tubazioni e nelle volte girate anche a cerchi sovrapposti, ci dicono quanto siano stati fertili i concetti della economia della materia e della sua giusta collocazione.

Il progresso costruttivo è stato innegabilmente legato alle suggestioni della Natura; le recenti affermazioni della bioingegneria e quelle ancora più recenti della paleoingegneria, danno prove documentate che gli esseri viventi sono stati « disegnati » così bene dalla Natura, che meglio non si poteva.

Il corpo del *Diplodocus* è costruito come un ponte ad arco nella parte superiore e come un ponte sospeso nella parte inferiore.

Collo e coda facendo da contrappeso, ridistribuiscono i carichi, che, dove sono massimi (regioni pettorale e pelvica), trovano vertebre più robuste.

Le quattro zampe hanno forma di solidi pilastri, dimensionati per reggere tutto il peso del corpo su una sola o su due zampe, in conseguenza della funzione motoria.

Con questa premessa ritorniamo al tetraedro, dal quale abbiamo derivato la tipologia delle macrostrutture spaziali proposte per lo stretto di Messina. Esse sono costituite dalla moltiplicazione di tetraedri per concatenamento di spigoli e di vertici (così come avviene in natura nelle strutture a strati brucitici e gibbsitici) e la tipologia di una piastra esatropa, pure modulata sulla geometria del tetraedro.

La base del tetraedro elementare essendo un triangolo regolare, la unione spigolo a spigolo di sei triangoli dà luogo ad un reticolo esagonale, quando fosse moltiplicata per comunanza di spigoli.

Essendo tutti gli spigoli coassiali in tutte le direzioni, ne scaturisce una isotropia nelle sei direzioni, che giustifica l'aggettivo esatropa, offerto alla piastra che ha lo spessore, fra intradosso ed estradosso, pari all'altezza del tetraedro elementare.

È ovvio che il carico uniformemente ripartito su tutta la piastra può essere ritenuto concentrato sui vertici di sommità dei tetraedri, in relazione al loro numero.

Ai fini del calcolo, considerando che su ogni vertice convergono sei elementi angolati a  $60^\circ$  e perciò tre elementi resistenti, si può ritenere che ognuno di essi venga sollecitato da un terzo del carico gravante sul vertice.

Insistiamo sull'importanza del « nodo » che caratterizza questa struttura: da ognuno di essi si dipartono nove aste, sei in orizzontale e tre inclinate, tutte angolate di  $60^\circ$ .

Il nodo del primo progetto, malgrado la sua efficienza e semplicità, è stato ulteriormente semplificato e reso più efficiente secondo uno schema che è in corso di brevetto e di cui daremo notizia descrittiva quanto prima.

Saverio Bono

# RASSEGNA TECNICA

*La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.*

## La casa dell'architetto Alessandro Antonelli in Torino

### ICONOGRAFIA

*GIOVANNI BRINO e FRANCO ROSSO concludono il loro lavoro sulla casa dell'architetto Alessandro Antonelli con un'ampia ed organica documentazione iconografica. La natura polifunzionale degli elementi dell'architettura antonelliana, che obbliga, per una corretta loro valutazione, a porli costantemente in relazione, anziché a coglierli isolatamente, ha consigliato l'organizzazione autonoma del materiale illustrativo in luogo di una sua immediata subordinazione al testo. Si è mirato in tal modo a facilitare una lettura che il testo ha voluto soltanto orientare, non certo esaurire.*

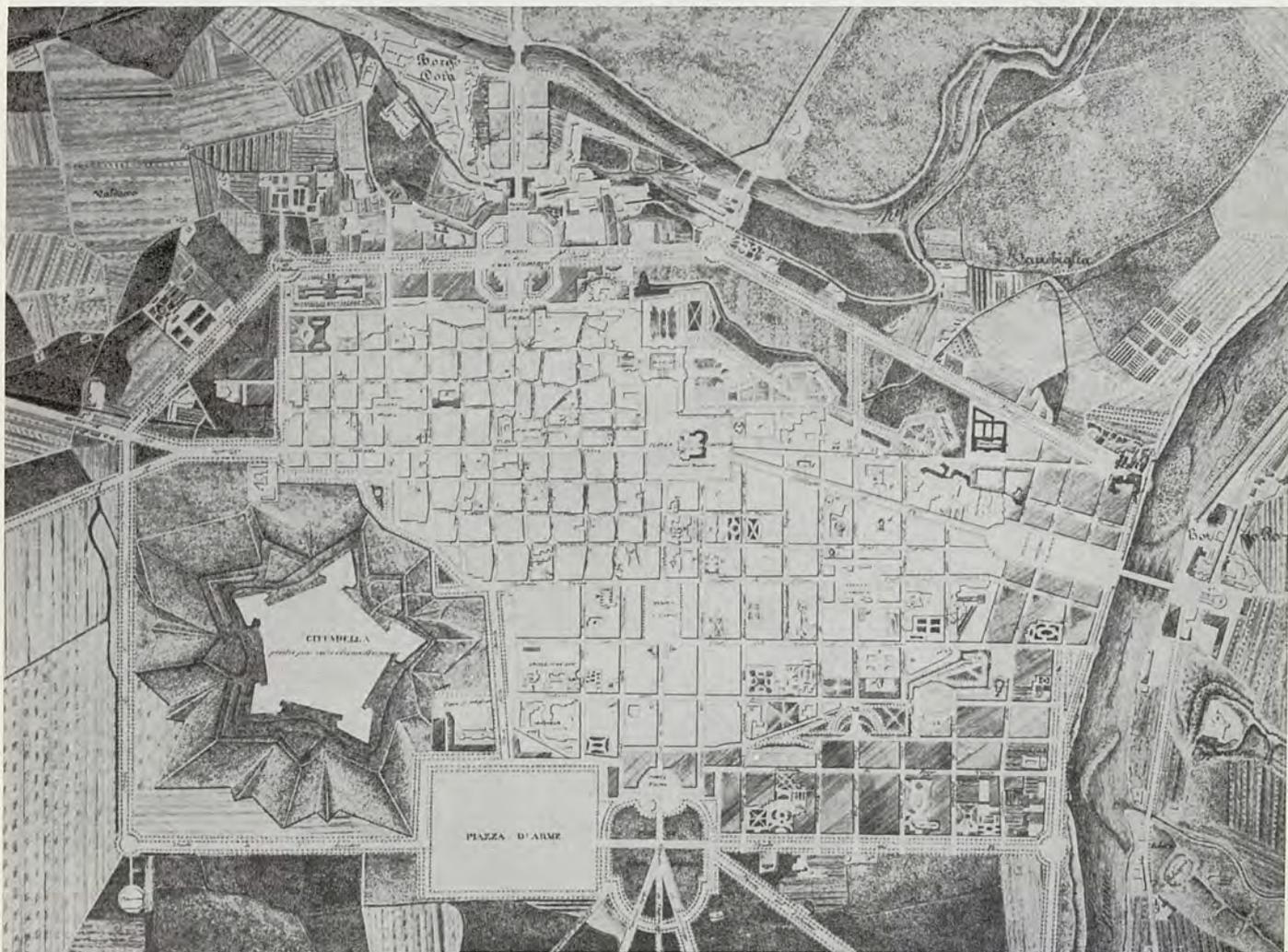


Fig. 1 - « Pianta della Città e Borghi di Torino cogli ingrandimenti dal 1814 al 1837, e progetti da attuarsi » dell'ing. D. Reina, 1837 (Archivio Storico Municipale di Torino). Nell'angolo di NE è visibile la situazione della regione di Vanchiglia prima degli interventi antonelliani.

Fig. 2 - Divisione dei terreni di Vanchiglia fra i soci della Società dei Costruttori, 25 aprile 1845 (piano allegato al rogito Turvano 28 aprile 1845, Archivio di Stato, To, sez. Riunite).

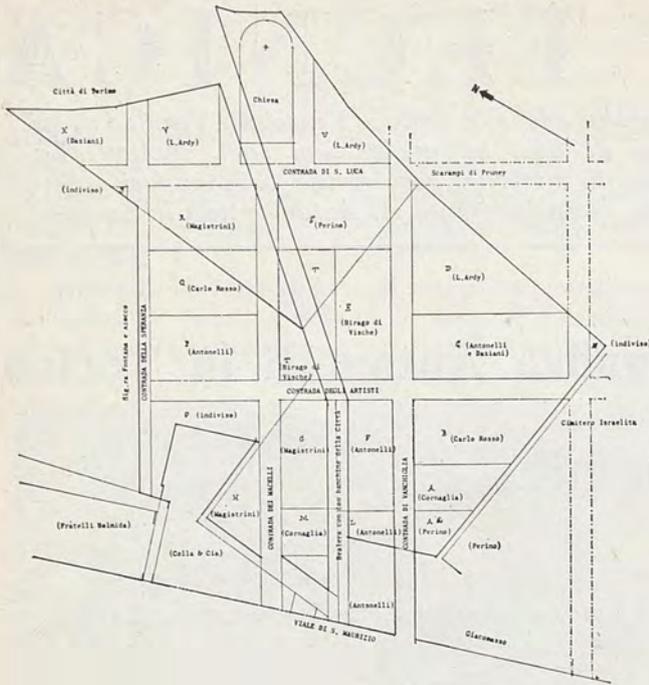
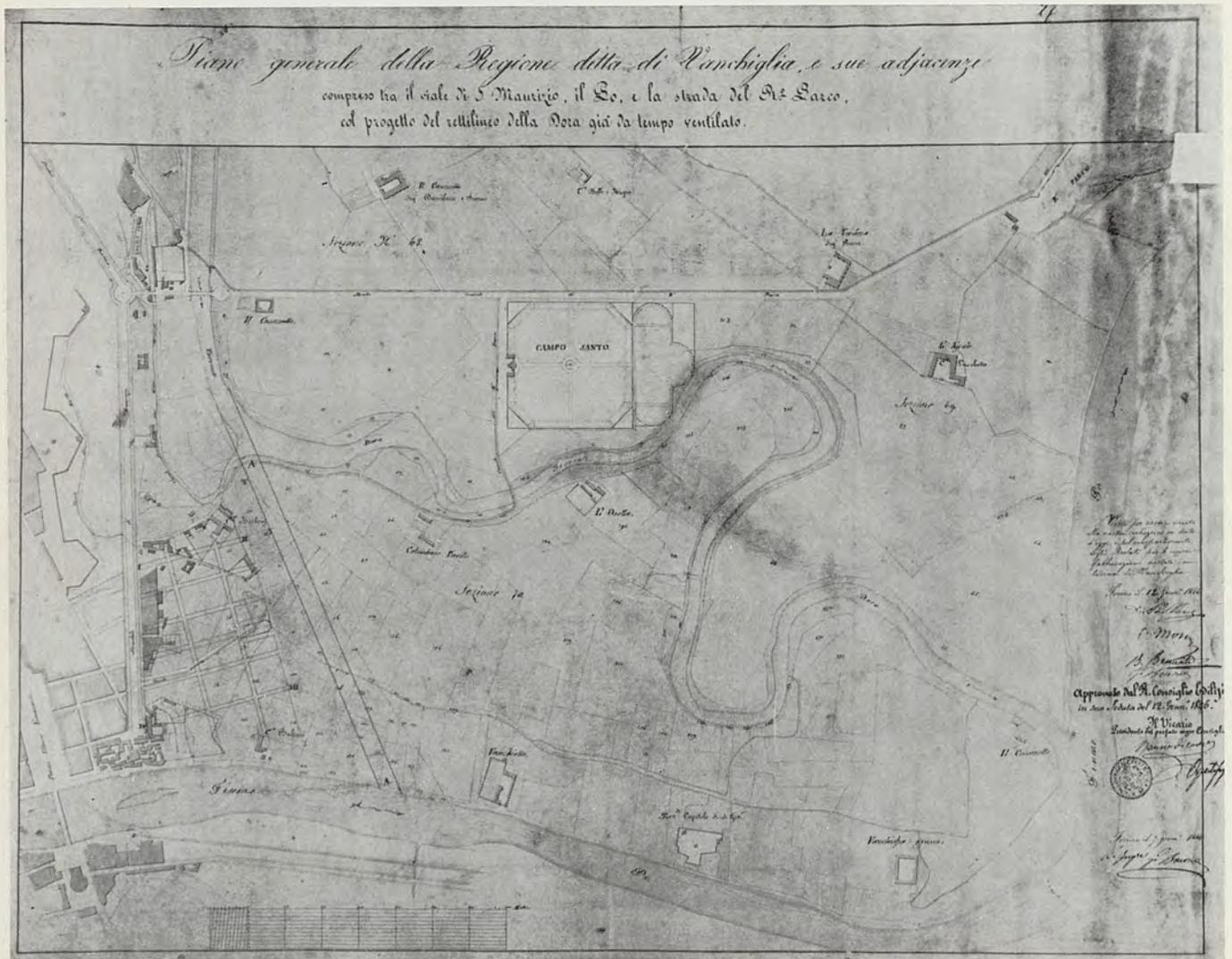


Fig. 3 - « Piano generale della Regione detta di Vanchiglia, e sue adiacenze compreso tra il viale di S. Maurizio, il Po, e la strada del R. Parco, col progetto del rettilineo della Dora già da tempo ventilato ». Il disegno è firmato dall'ing. Brunati membro del Consiglio edilizio il 7 gennaio 1846 ed approvato dal Consiglio stesso il 12 gennaio. (Archivio Storico Municipale Torino).

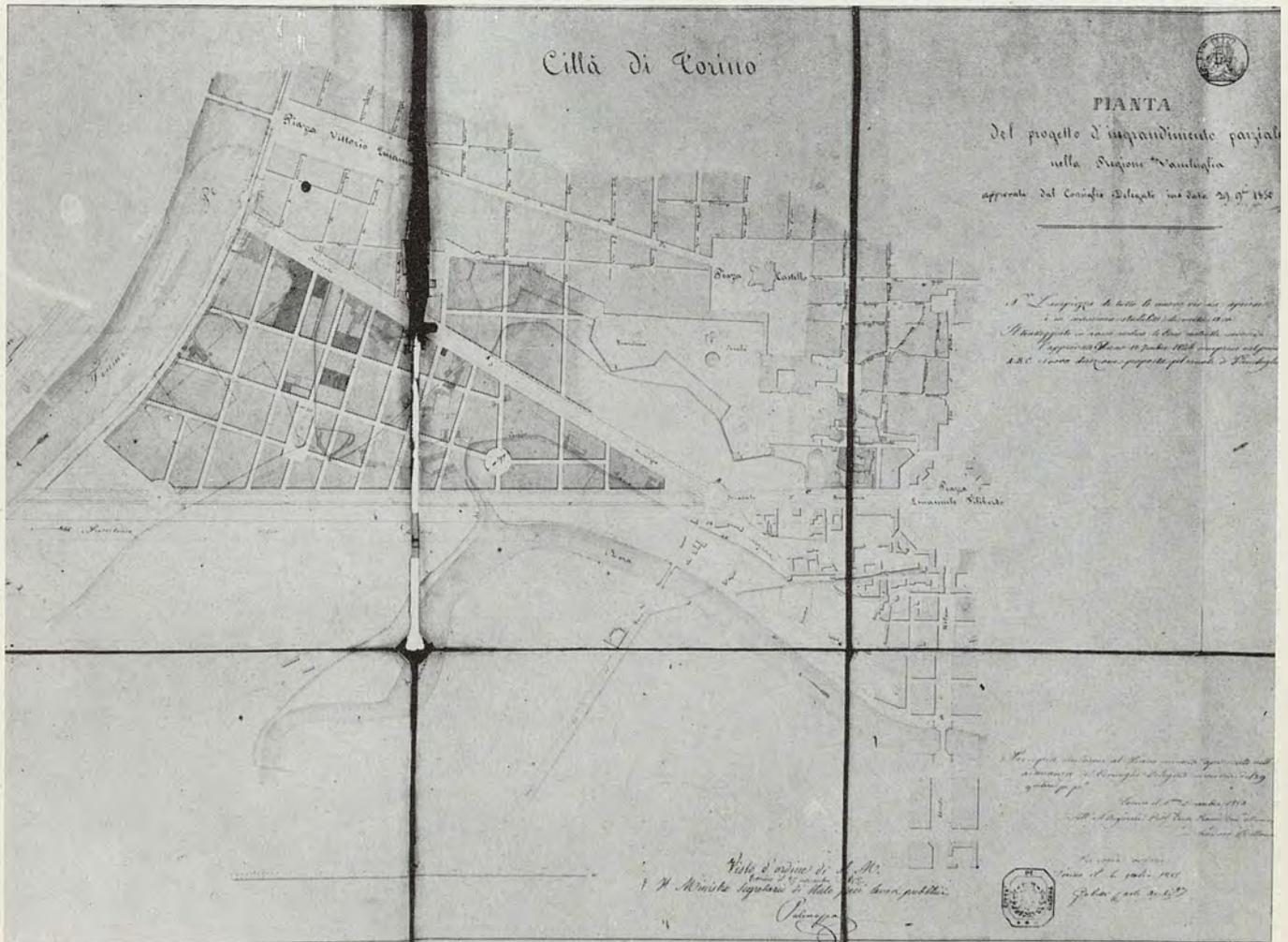
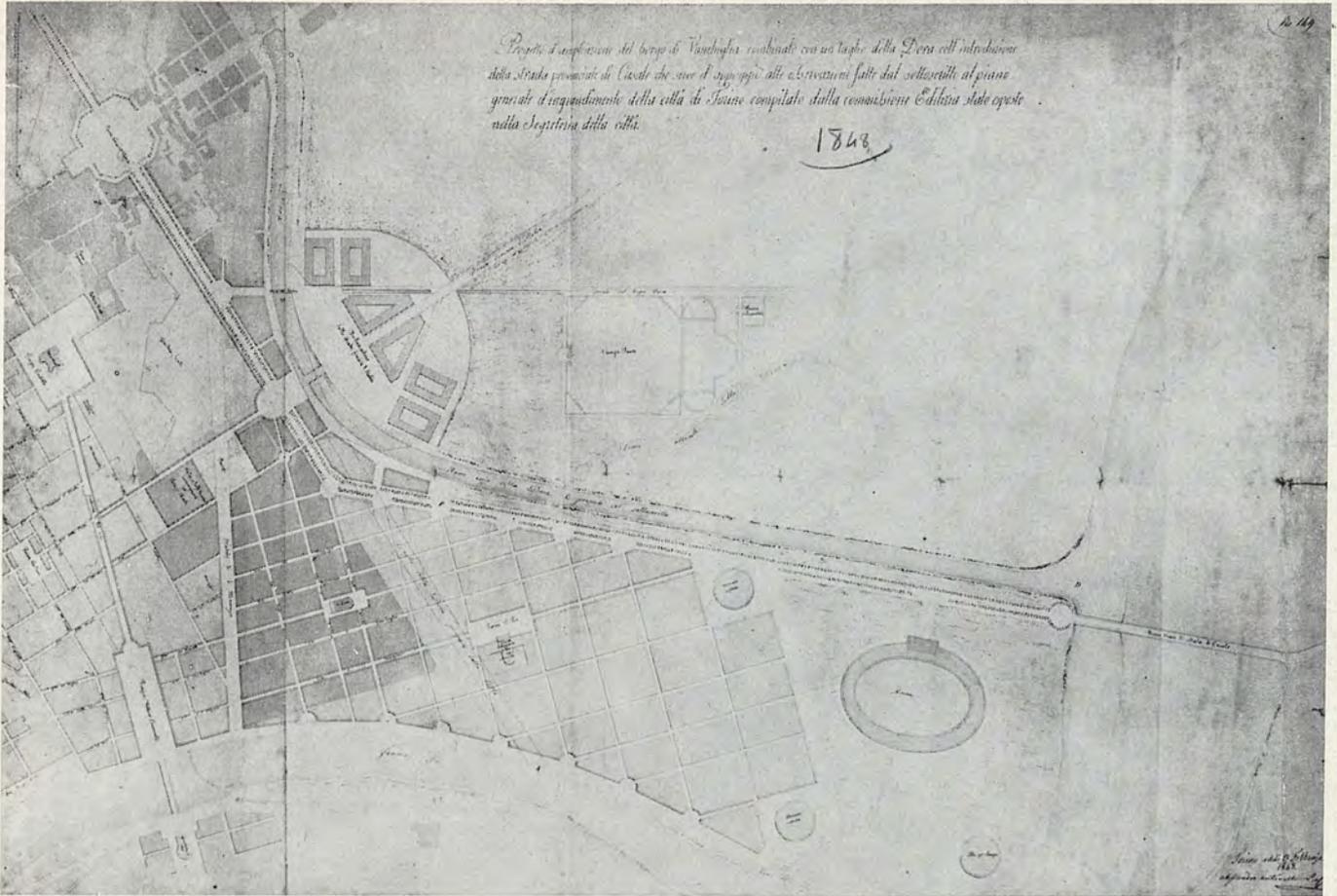
Fig. 4 - Alessandro Antonelli, « Progetto d'ampliamento del borgo di Vanchiglia combinato con un taglio della Dora coll'introduzione della strada provinciale di Casale che serve d'appoggio alle osservazioni fatte dal sottoscritto al piano generale d'ingrandimento della città di Torino compilato dalla commissione Edilizia stato esposto nella Segreteria dalla Città ». 17 febbraio 1848 (Museo Civico di Torino). Il progetto sviluppa un elaborato anteriore purtroppo scomparso.

Fig. 5 - « Pianta del progetto d'ingrandimento parziale nella Regione di Vanchiglia approvata dal Consiglio Delegato in data 29 nov. 1850 » di Carlo Promis. Allegata al decreto Reale 27 nov. 1852 (Archivio Storico Municipale di Torino). Alla concezione globale della città emergente dal piano Antonelli, Promis contrappone una concezione frammentaria ed episodica: una prassi, insomma, pavidamente a rimorchio degli eventi anziché un piano teso verso il futuro onde dirigerne razionalmente il corso.

2



3



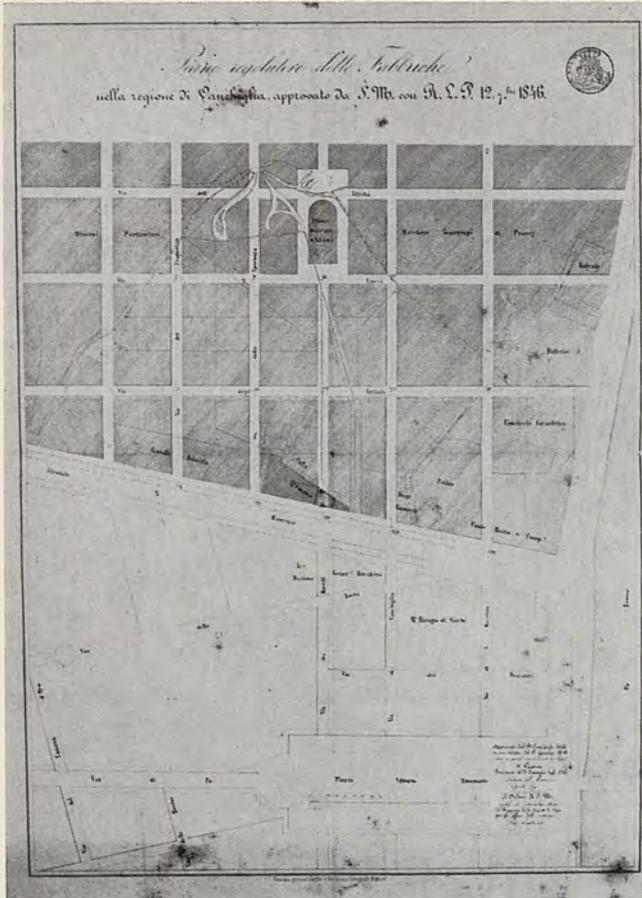
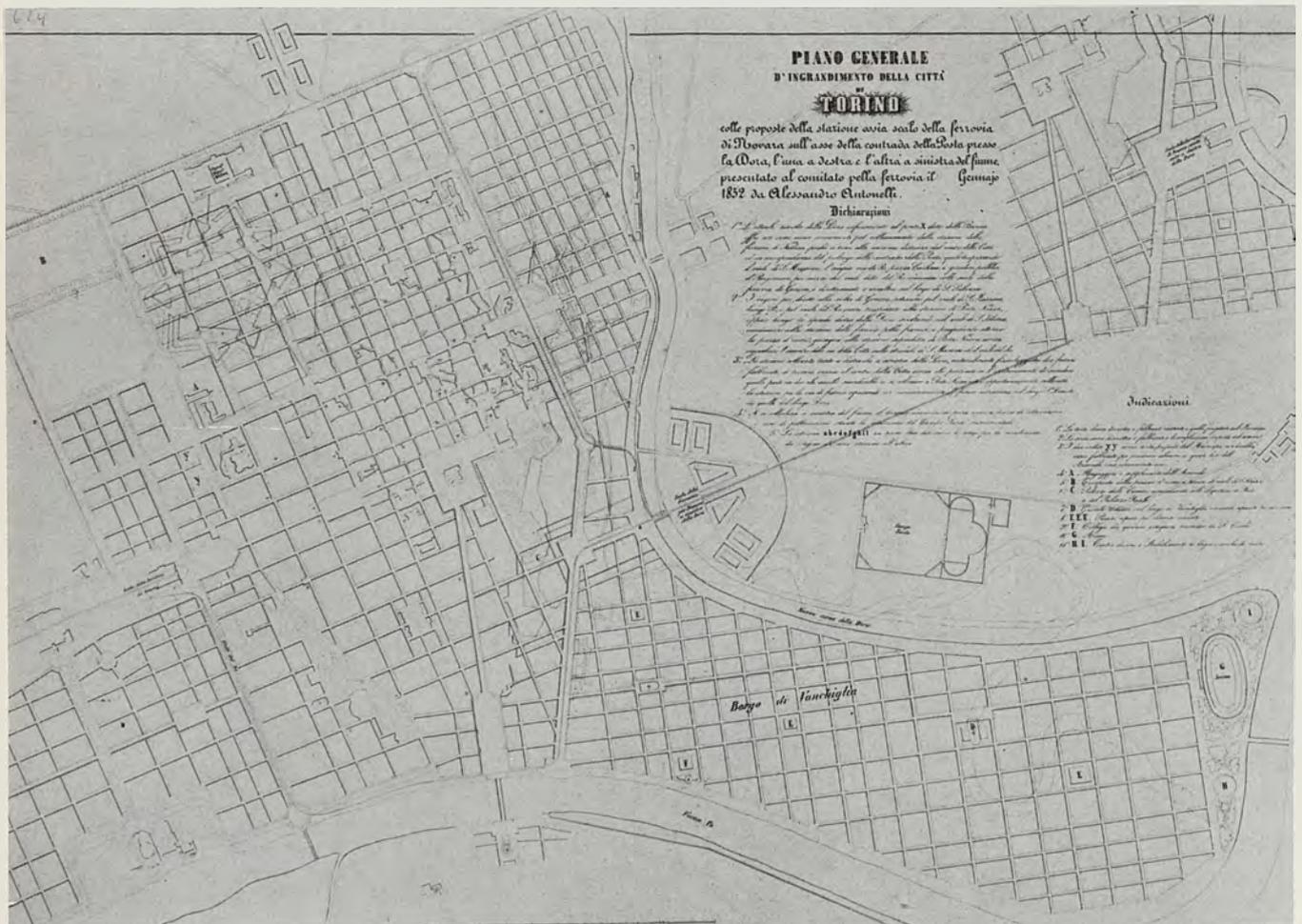


Fig. 6 - « Piano regolatore delle Fabbriche nella regione di Vanchiglia, approvato da S.M. con R.L.P. 12 Sett. 1846 » (Museo Civico di Torino). Le costruzioni sono autorizzate nella zona compresa tra le vie del Progresso, di S. Luca e di Vanchiglia.

Fig. 7 - « Piano generale d'ingrandimento della città di Torino colle proposte della stazione ossia scalo della ferrovia di Novara sull'asse della contrada della Posta presso la Dora, l'una a destra e l'altra a sinistra del fiume, presentato al comitato della ferrovia il Gennaio del 1852 da Alessandro Antonelli » (Museo Civico di Torino).

Fig. 8 - « Progetto di fabbricazione che il sottoscritto Prof. Alessandro Antonelli, l'aiutante del Genio Civile Giuseppe Magistrini e Paolo Cornaglia sottopongono all'approvazione degli Edili, 31 agosto 1846 ». (Archivio Edilizio della città di Torino).





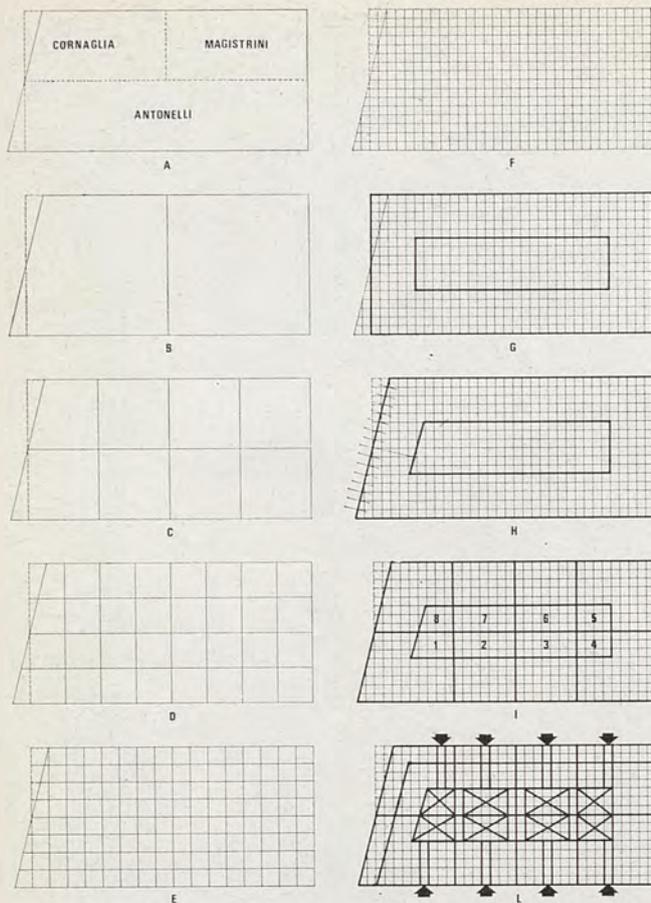
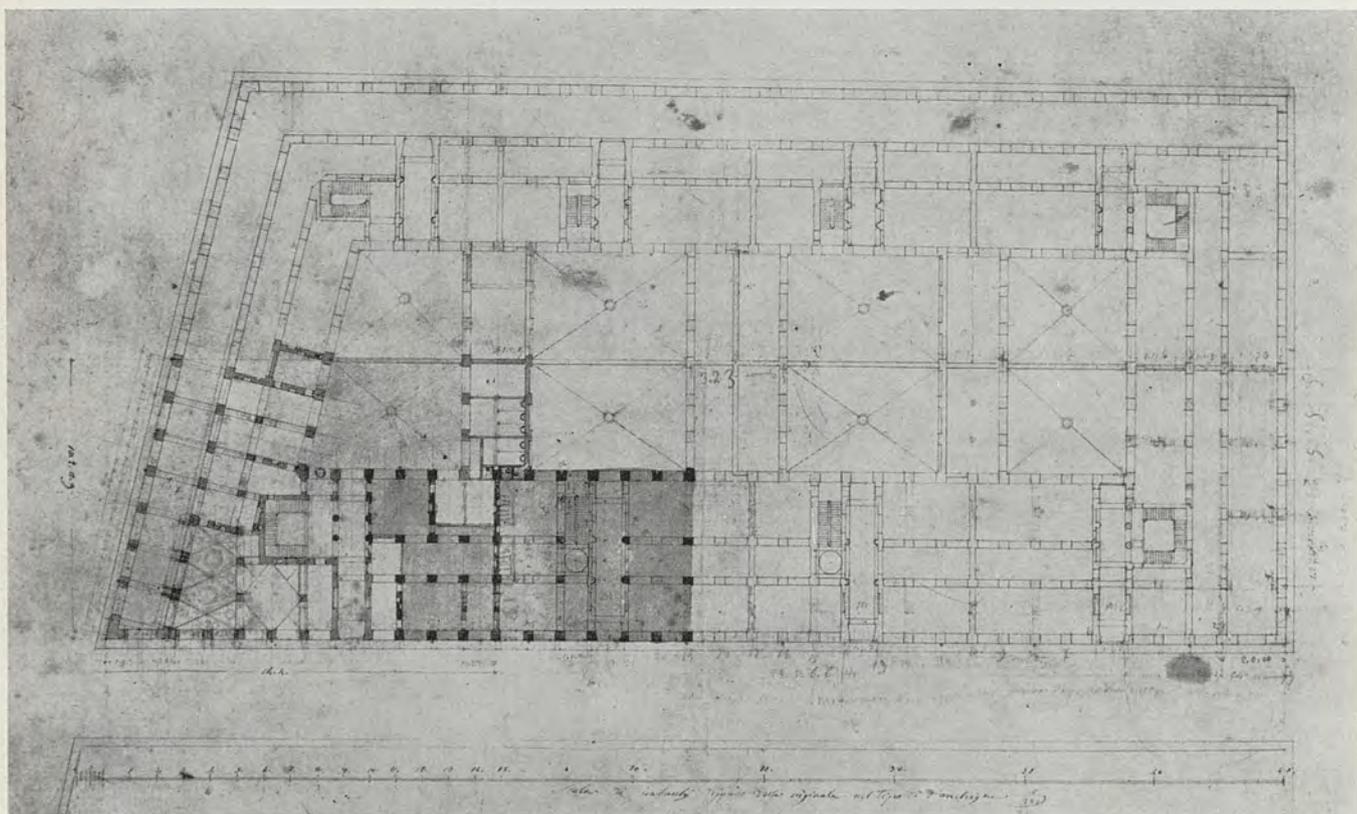


Fig. 9 - Diagramma indicante la generazione del reticolo planimetrico. L'isolato nella sua forma trapezia è assimilato ad un rettangolo (a) e suddiviso in due quadrati (b). In seguito a successive scomposizioni *ad quadratum* (c-f) si perviene al reticolo di base con modulo di fabbrica (g) e la rotazione degli assi relativi al lato anomalo (h). L'isolato, infine, si articola in 8 edifici indipendenti con altrettanti cortili, androni e corpi interni di bassa elevazione (i). Lo schema (l) individua i percorsi porticati e gli androni di penetrazione.

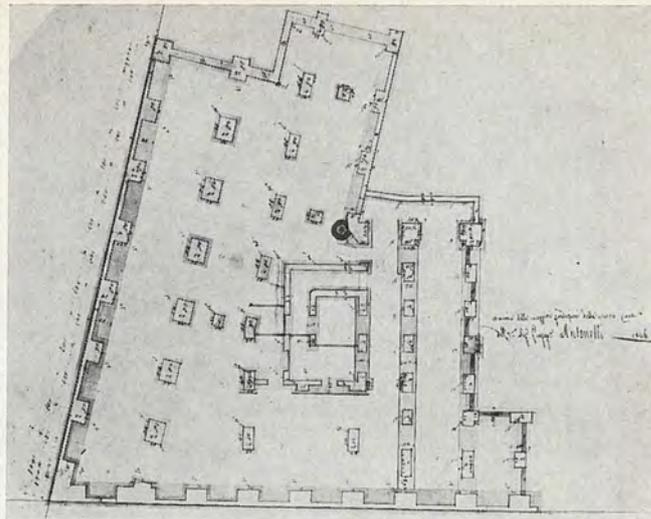
9

Fig. 10 - Studio preliminare dell'isolato, anteriore all'elaborato presentato in Municipio. (Museo Civico di Torino). Adeguato l'iniziale canovaccio reticolare a maglie isotrope all'introduzione di androni carrai, portici, ecc., l'architetto procede alla posizione dei fulcri e degli elementi che li raccordano. Parallelamente alle fronti la connessione dei supporti ha luogo mediante archi al fine di non ostacolare la penetrazione della luce; i raccordi normali alle fronti sono invece costituiti dai muri di proprietà, dalle pareti degli androni e dei vani scala. L'attenzione del progettista si focalizza sulla zona angolare, con la collocazione delle batterie dei camini. La difficile intersezione dei corpi di fabbrica non è ancora chiaramente definita tanto che la terza fila di fulcri, destinata a ruotare ad angolo ottuso è discontinua nel punto di flesso. A matita l'architetto studia le volte del vano d'angolo e un progetto di bussola protesa verso il portico.



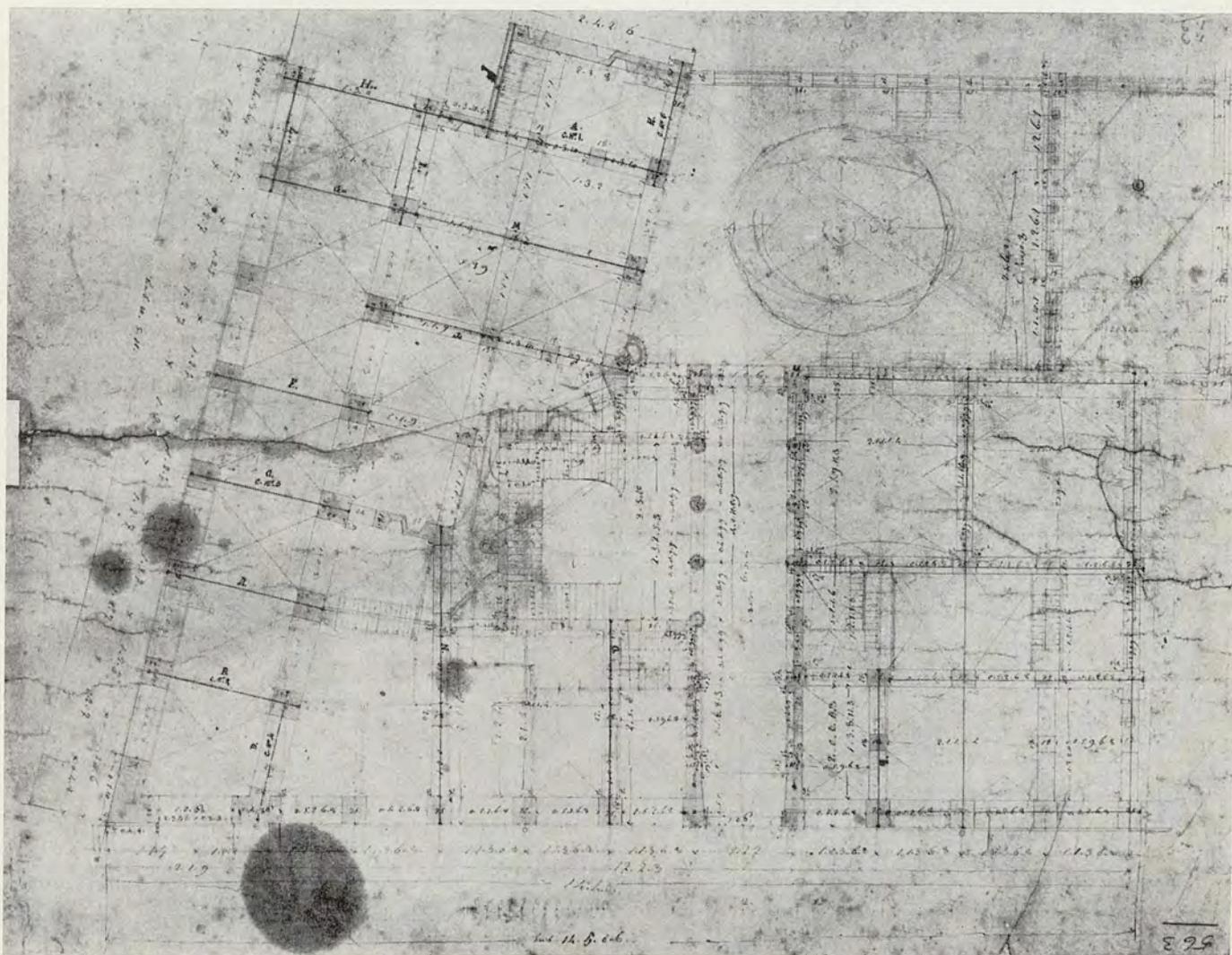
10

Fig. 11 - « Memoria delle maggiori fondazioni della nuova casa dell'I.mo Professore Antonelli 1846 » (Museo Civico di Torino). Secondo questo disegno l'architetto avrebbe in un primo tempo realizzato solo la parte di edificio a sinistra dell'androne.

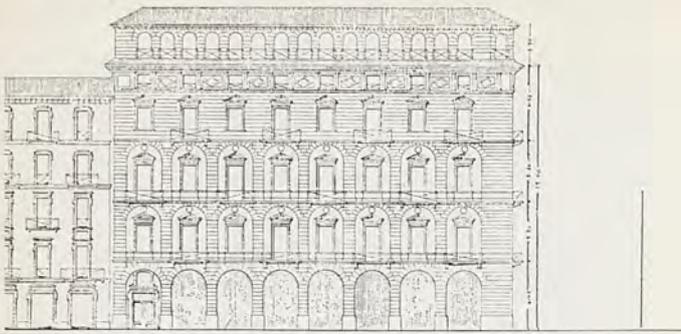


11

Fig. 12 - Pianta del piano terreno indicante le concatenazioni in ferro della fabbrica (Museo Civico di Torino). Il disegno esemplifica l'abitudine antonelliana di progettare lavorando su disegni anteriori, spesso neppure corrispondenti alla situazione reale, sovrappo-  
nendo a più riprese, come in un palinsesto, notazioni e nuove ipotesi di organizzazione spaziale. Si confrontino le indicazioni di questo piano con le planimetrie della fig. 16. Il processo di metamorfosi spaziale dell'edificio sembra non avere mai subito arresti.

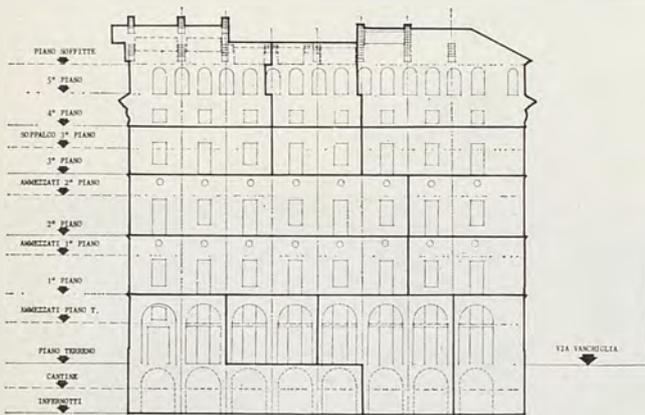


12



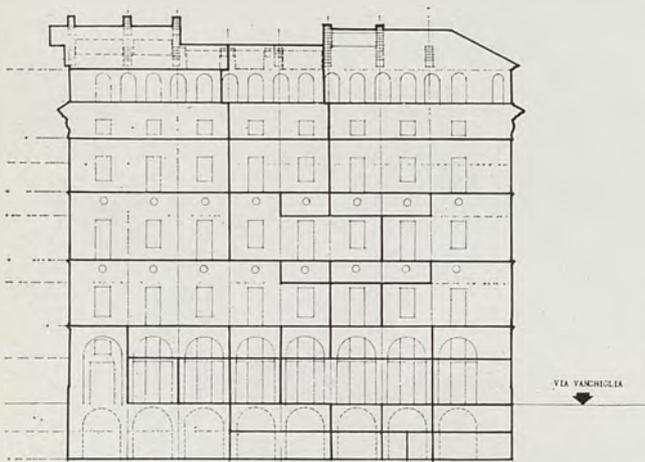
PROSPETTO VERSO CORSO S. MAURIZIO NEL 1903

13a



TAGLIO DEGLI ALLOGGI E DEI NEGOZI NEL 1923

13b



TAGLIO DEGLI ALLOGGI E DEI NEGOZI NEL 1972

13c

Fig. 13 - Prospetto dell'edificio sul corso (dopo i lavori di Costanzo Antonelli del 1903) e diagrammi indicanti il taglio di alloggi e negozi all'epoca della morte di Costanzo (1923) e al presente, relativi alla stessa facciata. Si avverte il processo di progressiva disaggregazione conseguente all'autonomizzazione dei mezzanini dai negozi originariamente organizzati su quattro piani e dagli alloggi duplex e triplex.

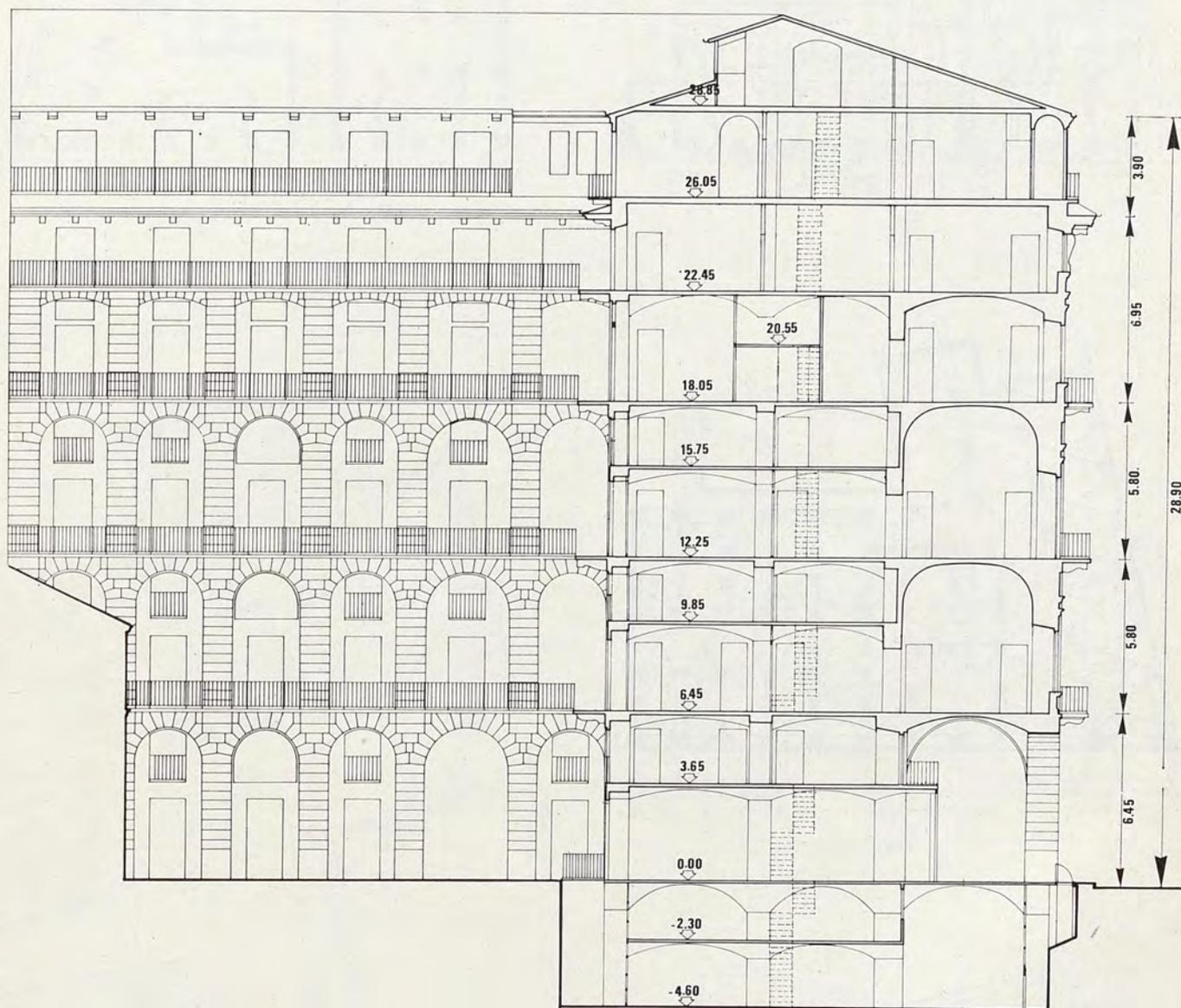
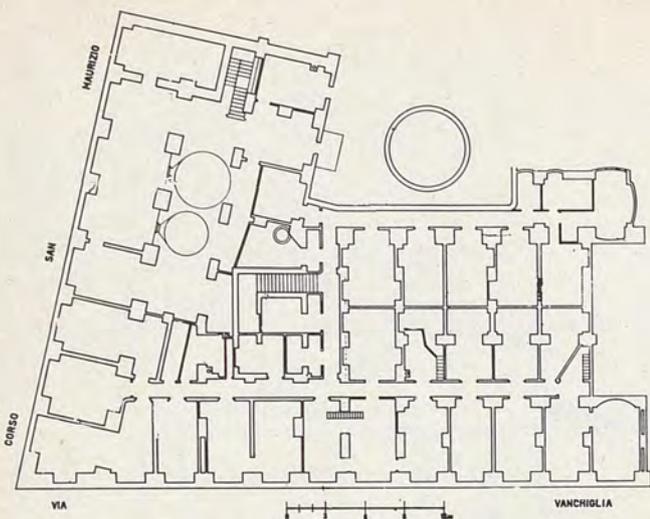
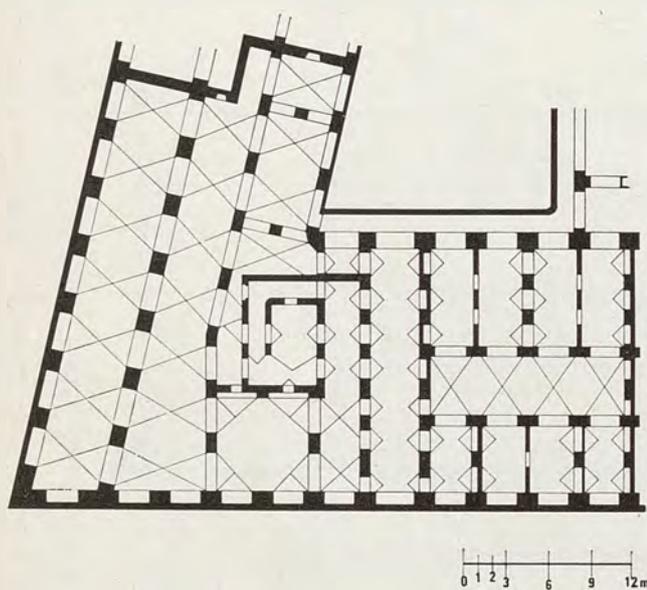


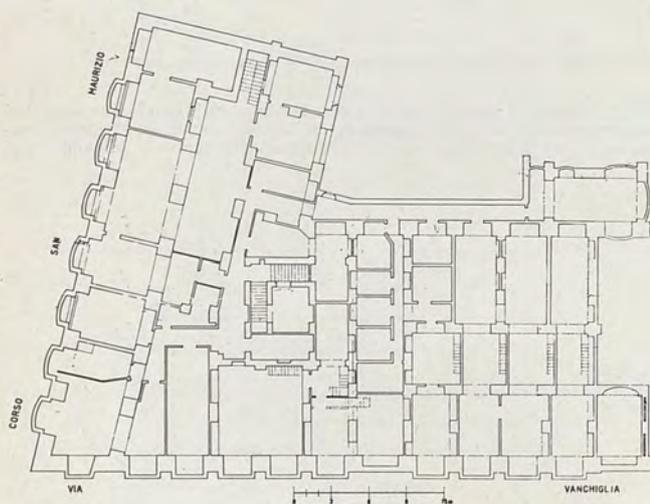
Fig. 14 - Sez. sul corpo di fabbrica verso il corso. Sulla sinistra è visibile il prospetto interno della zona distrutta dai bombardamenti nel 1943. La sez. individua le intercapedini illuminanti i piani interrati, le scalette interne per i collegamenti in duplex e triplex, le zone ammezzate e quelle a tutta altezza. Il prospetto interno sottolinea la continuità esterno-interno delle fronti dell'edificio. (Disegno di Angiola Gili).



15a



15b



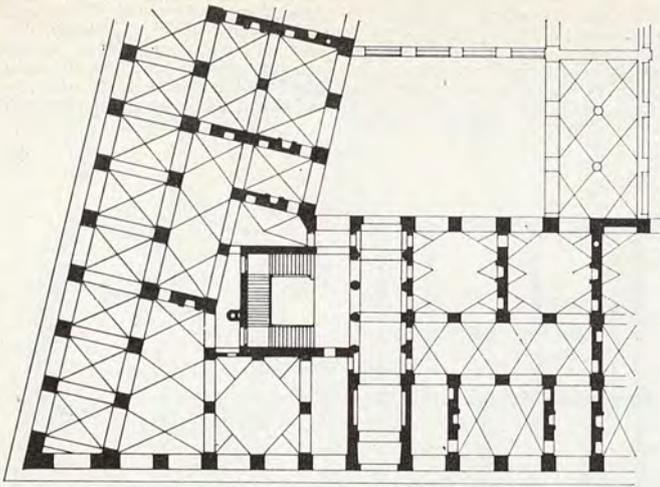
15c

Fig. 15 - In questa e nelle illustrazioni seguenti (15-23) si è raccolta, distinta per piano, una campionatura delle inesauribili variazioni spaziali cui gli Antonelli hanno sottoposto la struttura del loro edificio e dei dispositivi per il condizionamento ambientale che ne hanno resa fattibile la realizzazione. Piani Interrati - a) pianta condominiale degli infernotti (dedotta, nel dopoguerra, con pochi aggiornamenti, dai disegni allegati agli atti di vendita del 1923); b) pianta delle cantine, disegno antonelliano risalente agli anni della costruzione. Il piano, solo parzialmente suddiviso, è caratterizzato dall'indipendenza della voltatura dalle partimentazioni interne; c) pianta condominiale delle cantine. Si osservino le intercapedini periferiche discontinue verso via e continue verso cortile e le scalette interne di comunicazione con i sovrapposti negozi e i sottoposti infernotti.



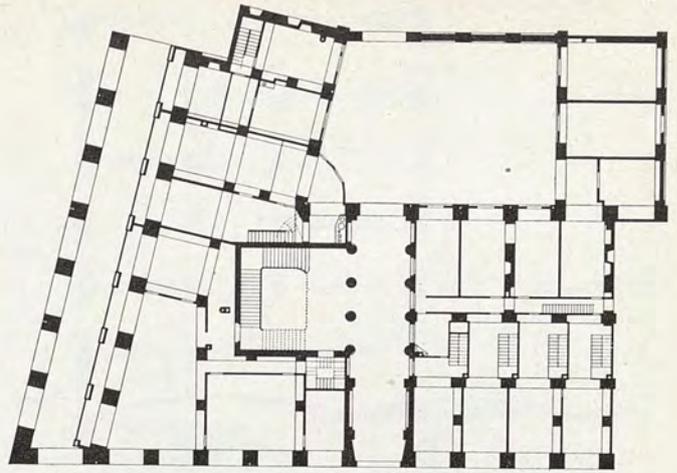
Fig. 16 - Piano terreno - a) progetto del 1846; b) planimetria antonelliana con parecchie sovrapposizioni di data imprecisata. Compiono la bussola e la singolare, razionalista ante littera, distribuzione per piccole unità sulla via Vanchiglia; c) Costanzo Antonelli, due progetti in variante per Ufficio Postale, risalente ai primi anni del '900. L'ufficio fu poi realizzato nella zona d'angolo; d) pianta condominiale del piano; e) id. dell'ammezzato relativo. La variazione più macroscopica è costituita dalla comparsa di una scala secondaria, sviluppata per tre piani, nel corpo a destra dell'androne.





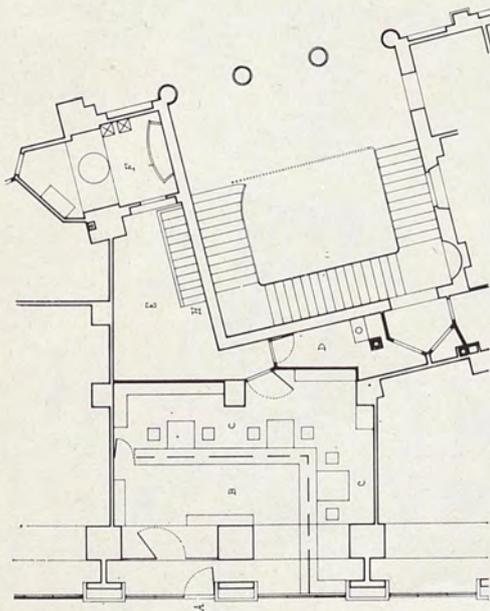
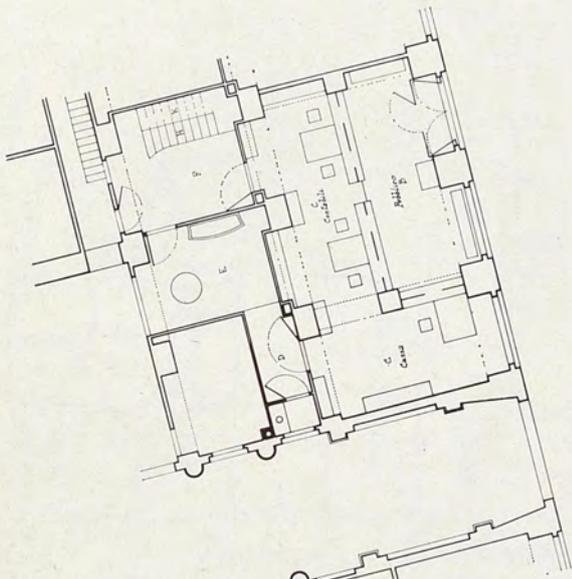
0 3 6 9 12m

16a



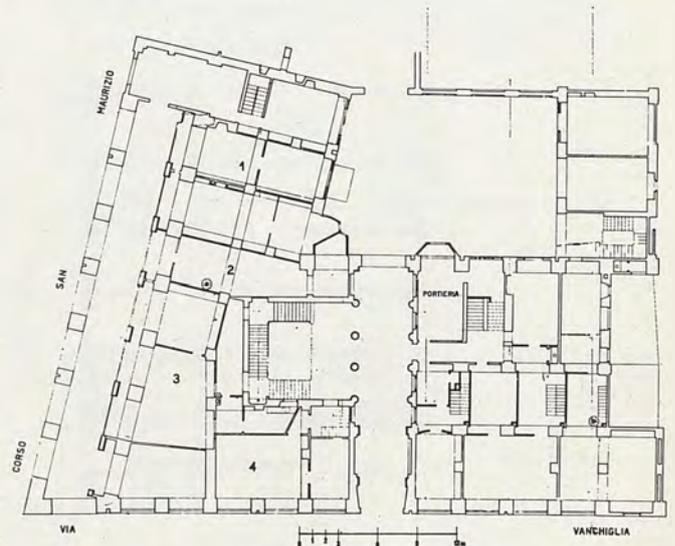
0 3 6 9 12m

16b

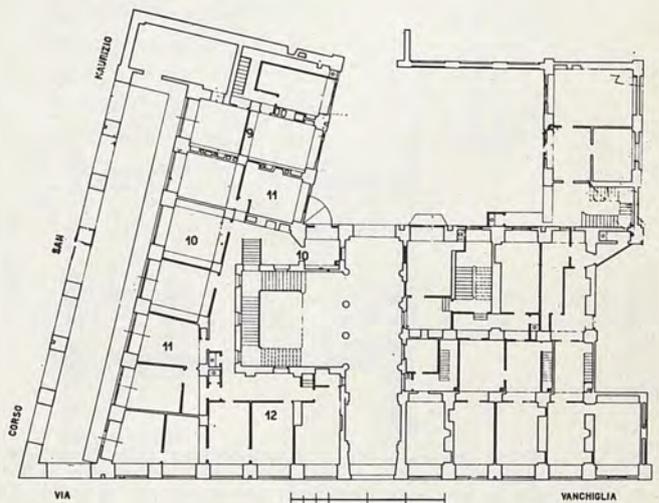


0 3 6 9 12m

16c



16d



16e

Fig. 18 - 1° piano - a) progetto antonelliano intorno al 1846 (vale anche per il 2° p.). Compaiono le erosioni della nicchia angolare (cfr. fig. 20e) e della parete dell'unica cucina verso il corso. Le camere da letto principali presentano in testa un vano minore per l'alcova; b, c, d) Costanzo Antonelli: 3 soluzioni per la parte destra dell'androne, inizi del '900. Si veda l'armadiatura sistematica dei sottarchi verso cortile (cfr. fig. 27c, e, f) Piante condominiali.

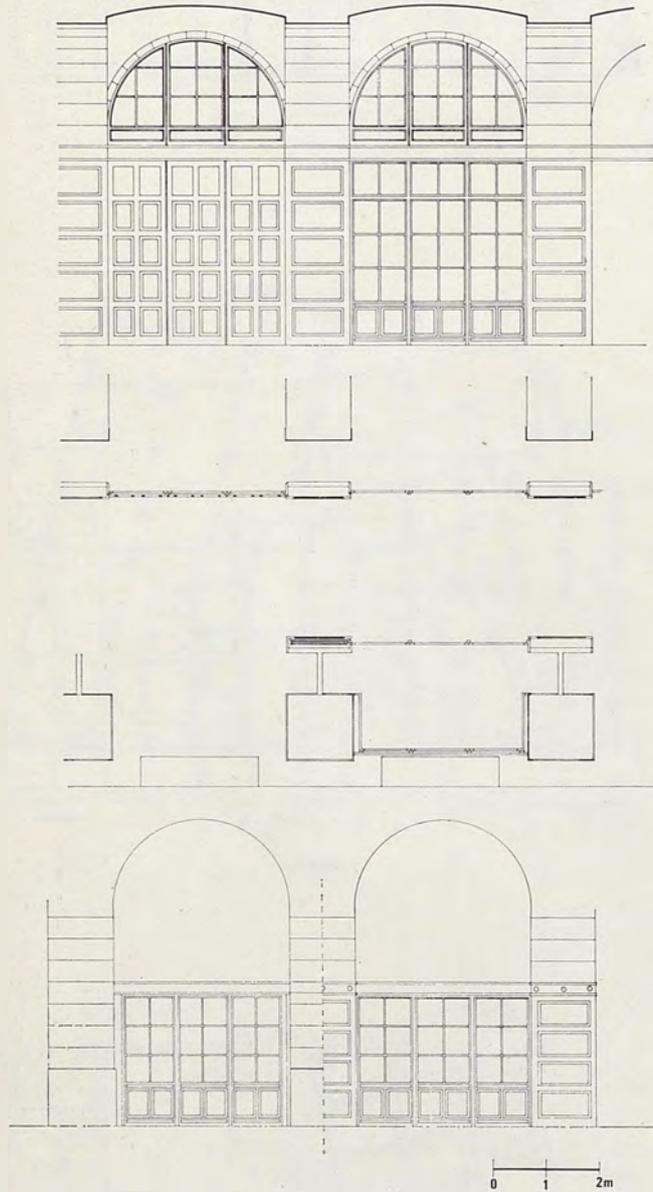
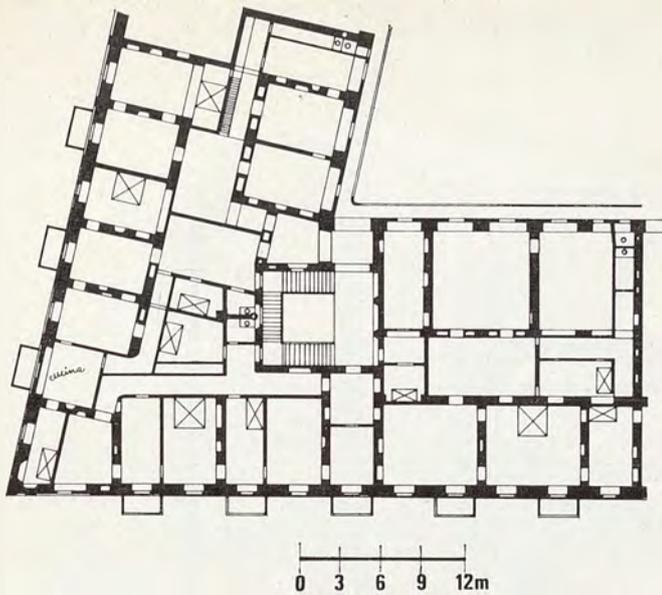
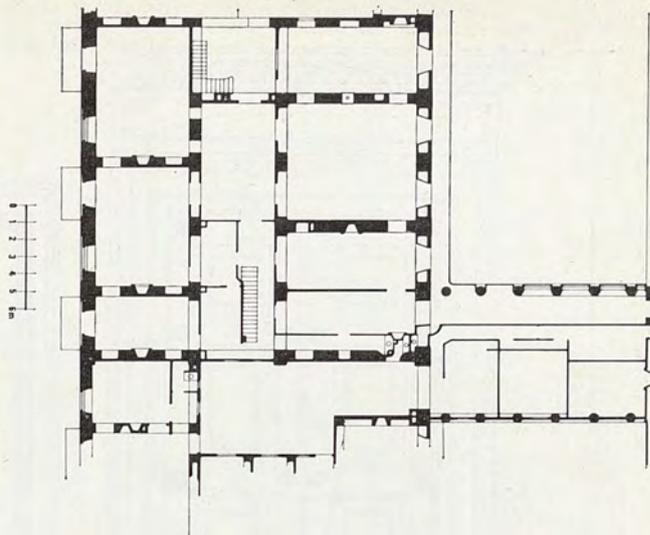


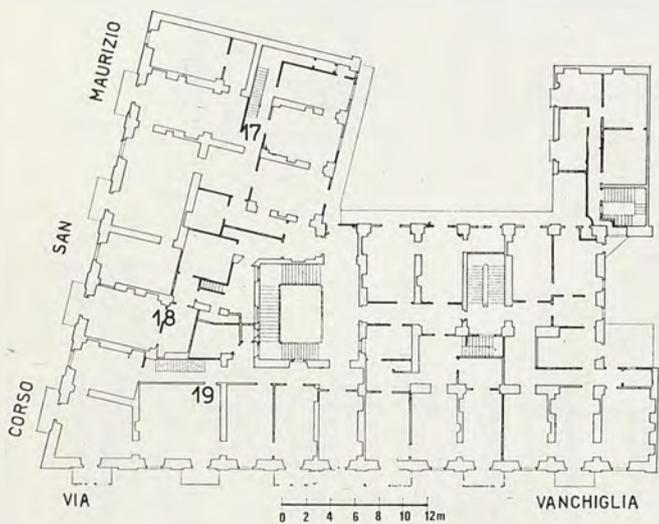
Fig. 17 - Piano terreno - Progetto antonelliano delle bussole da stabilirsi dinanzi ai negozi e fra i pilastri liberi del portico al fine di trasformarlo in una sorta di galleria per esposizione di merci. La quotazione in trabucchi ci autorizza a ritenerlo di poco posteriore alla costruzione della casa. Il serramento è ad ante ripiegabili a pacchetto nelle zone corrispondenti ai pilastri.



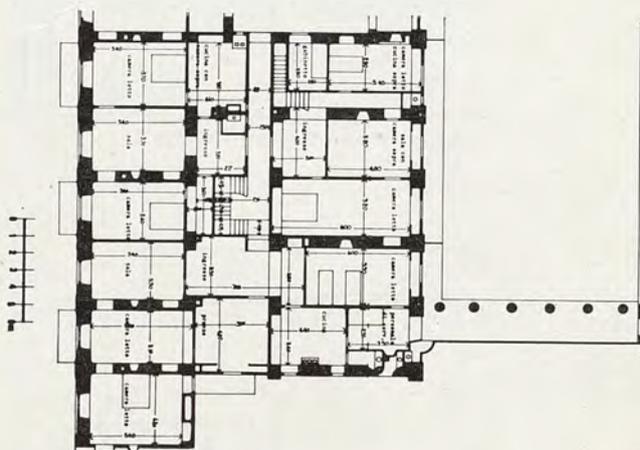
18a



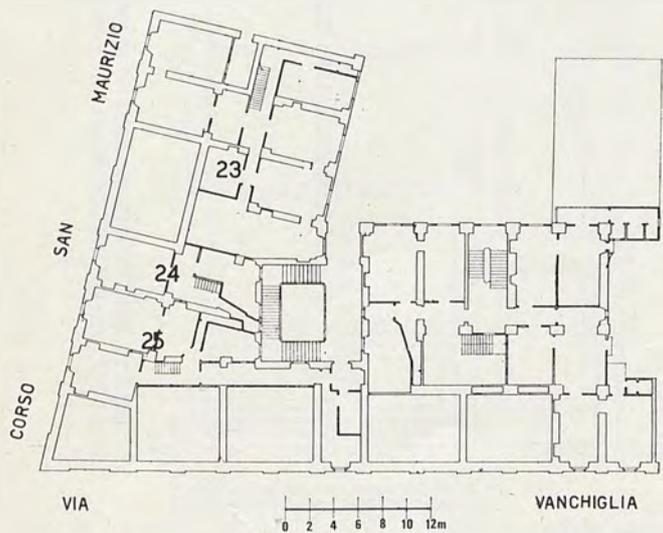
18b



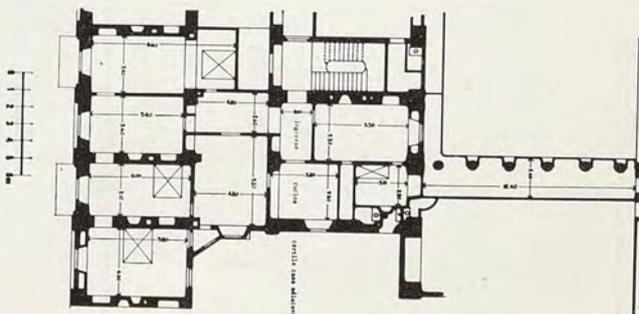
18c



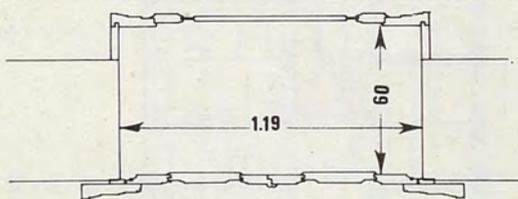
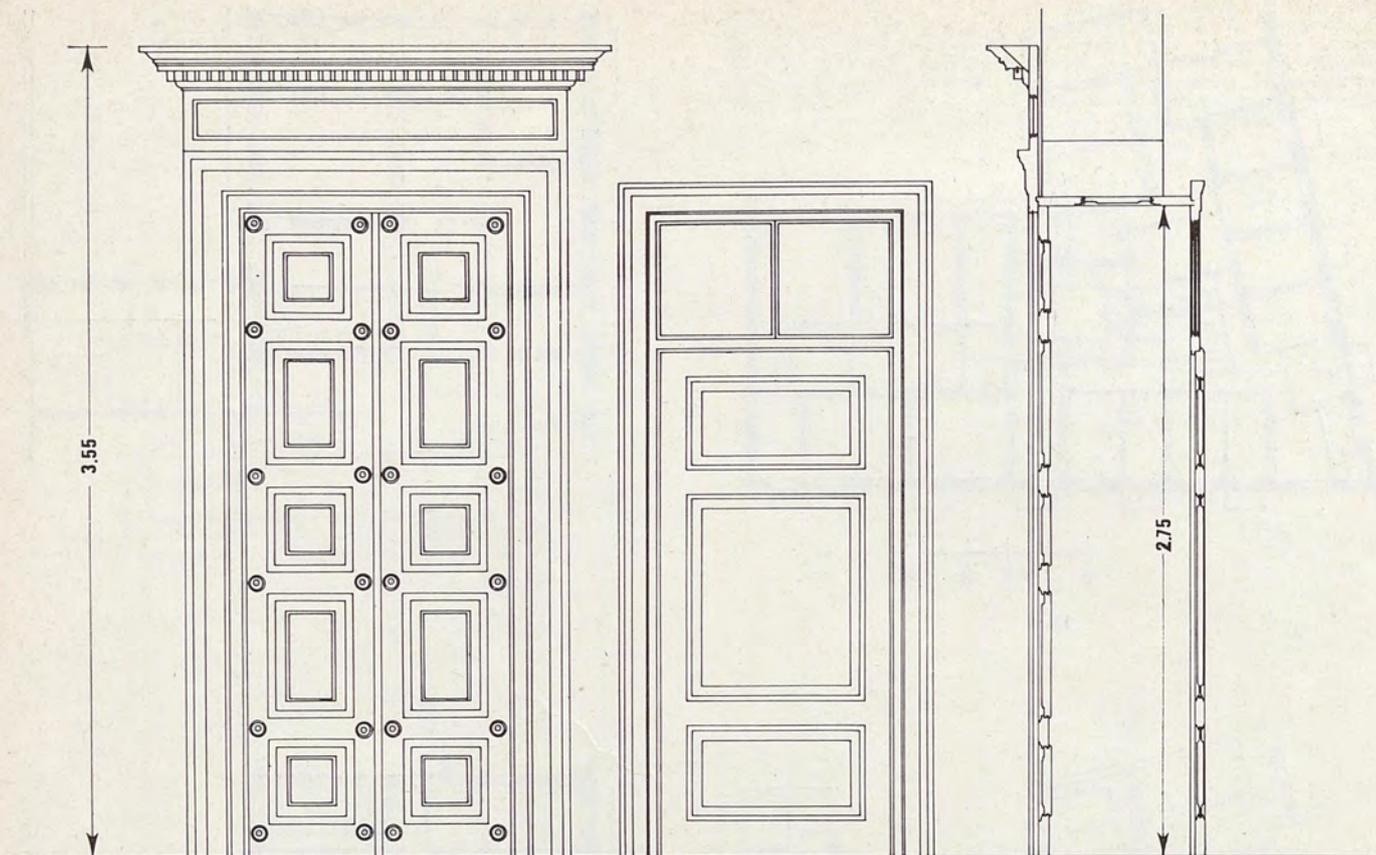
18d



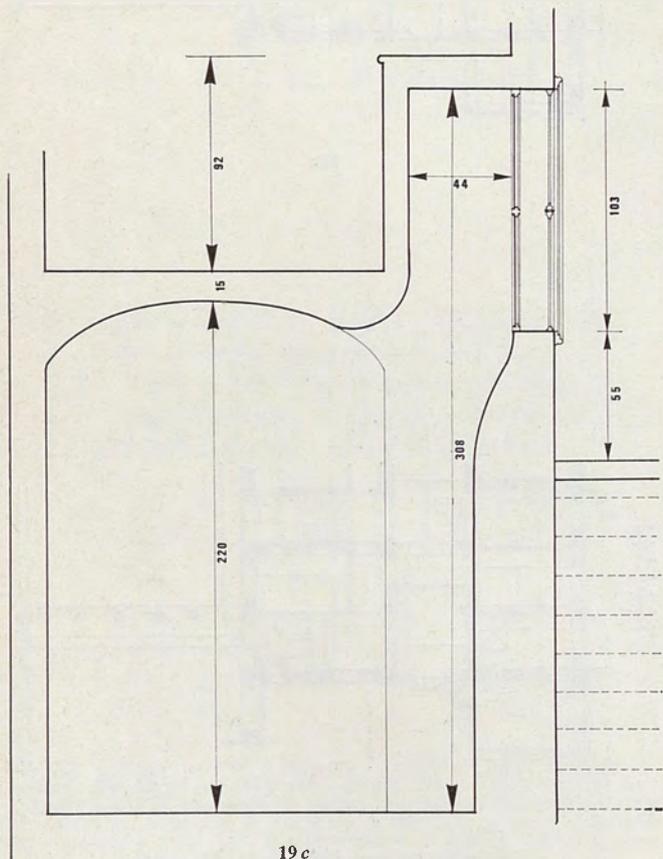
18e



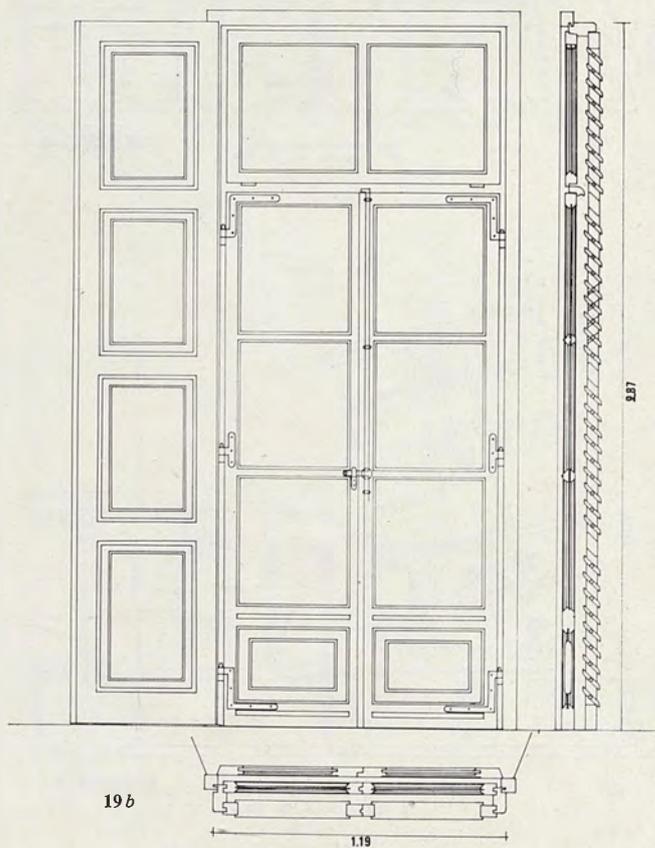
18f



19 a



19 c



19 b

Fig. 19 - 1° piano - a) porta d'ingresso agli appartamenti dei piani nobili; b) finestra verso facciata con soprauce apribile a vasistas; c) presa d'aria e di luce del corridoio dell'ammezzato nel corpo di fabbrica verso via Vanchiglia, sullo scalone. La cassa del lucernario forma davanzale alla finestra del corridoio superiore.

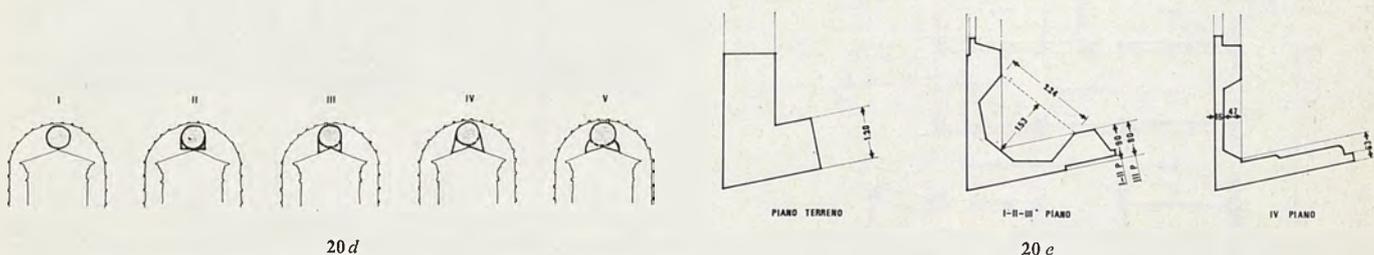
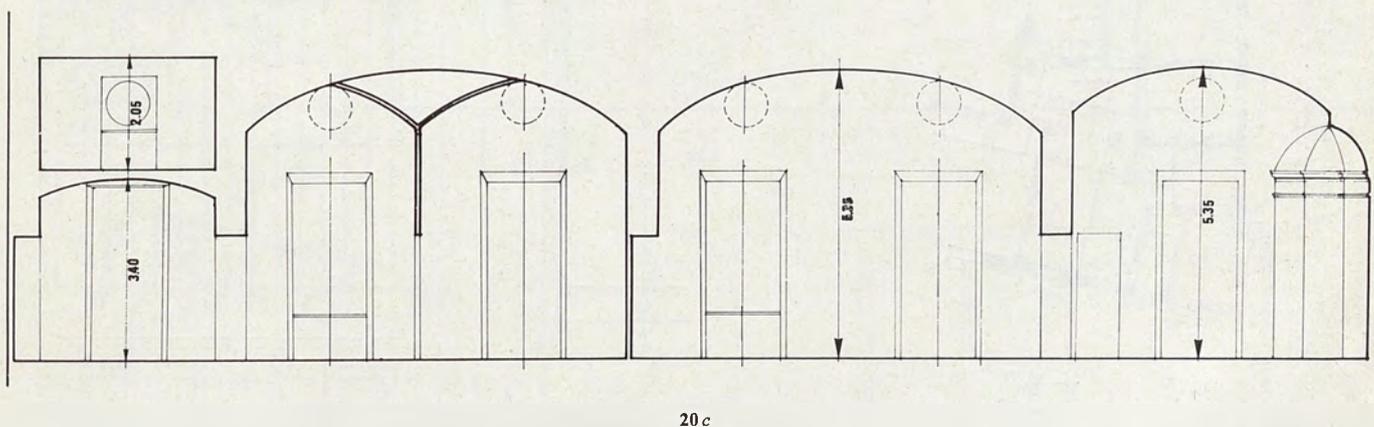
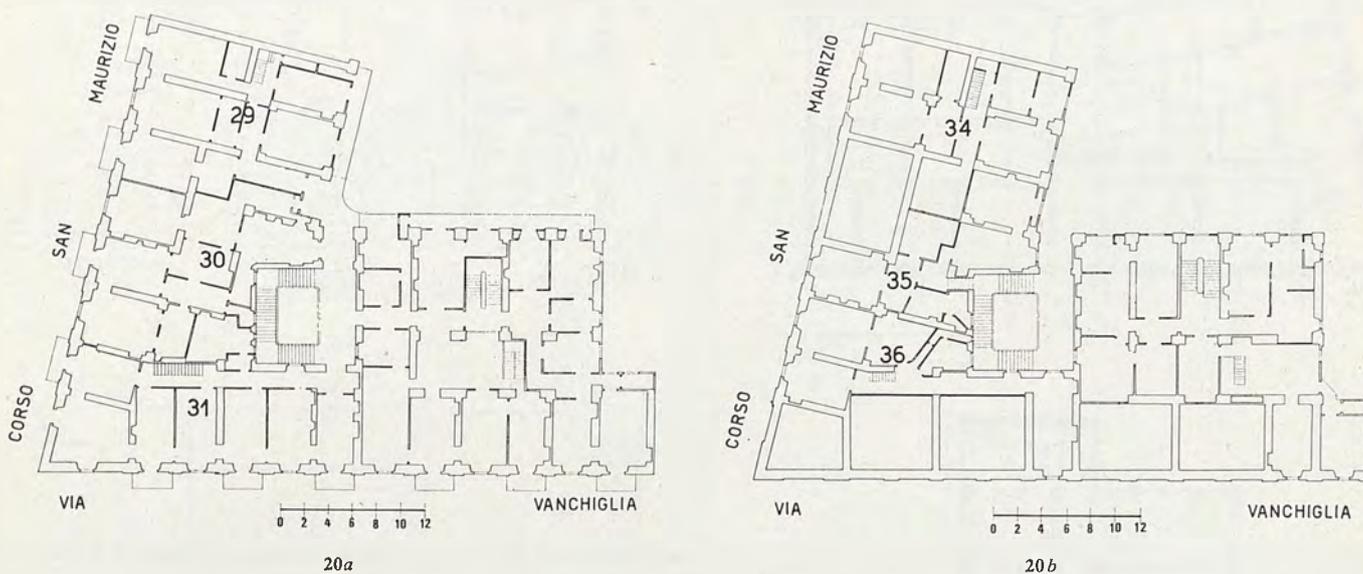
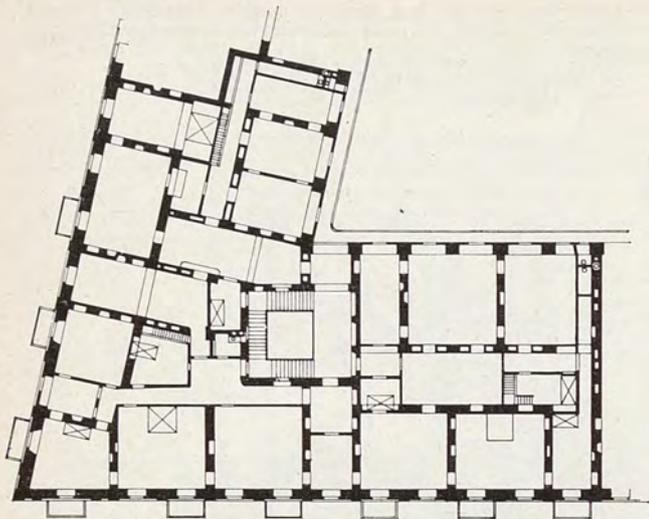
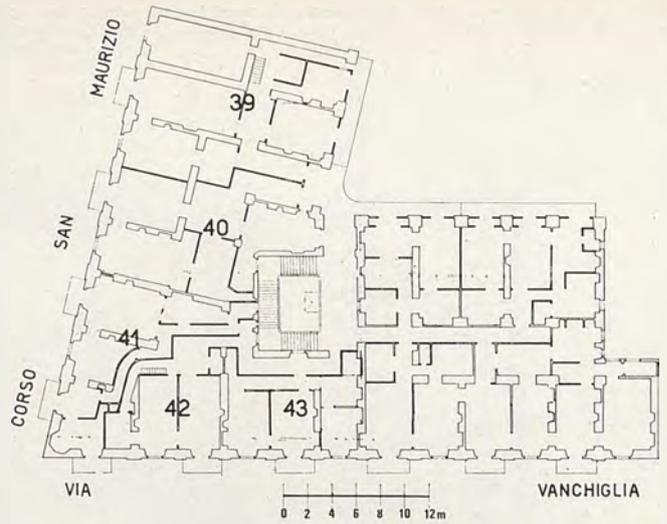
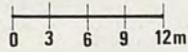


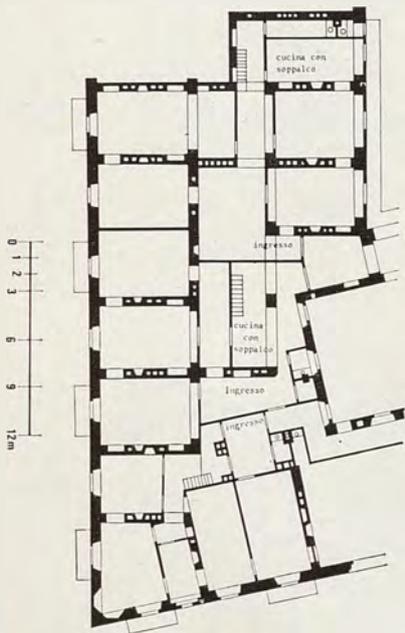
Fig. 20 - 2° piano - a, b) piante condominiali; c) sec. longitudinale degli ambienti verso via Vanchiglia. Sono visibili: la funzione dei tondi nell'ammezzato (quelli a tratteggio non sono svuotati); la suddivisione dell'ambiente a doppia altezza mediante tramezzo e fusi di riporto; l'erosione della zona angolare; d) deformazioni dei tondi che illuminano gli ammezzati; e) erosioni nella zona angolare.



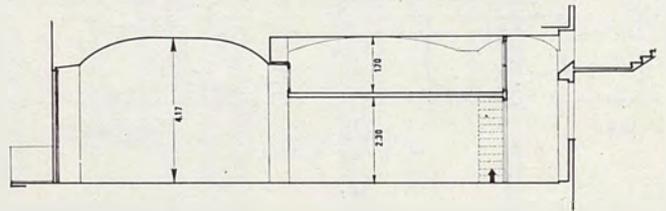
21 a



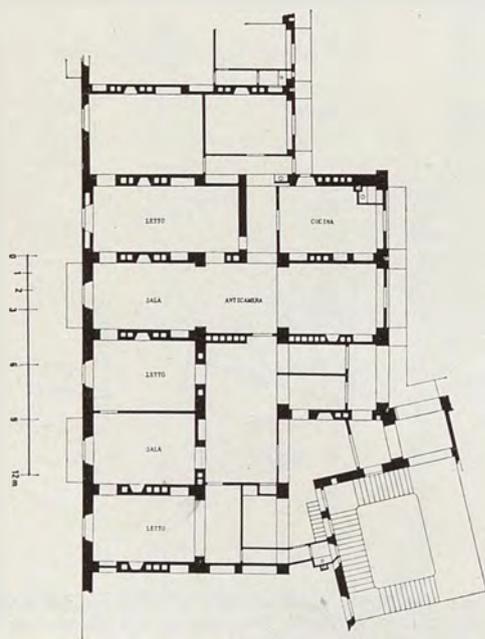
21 d



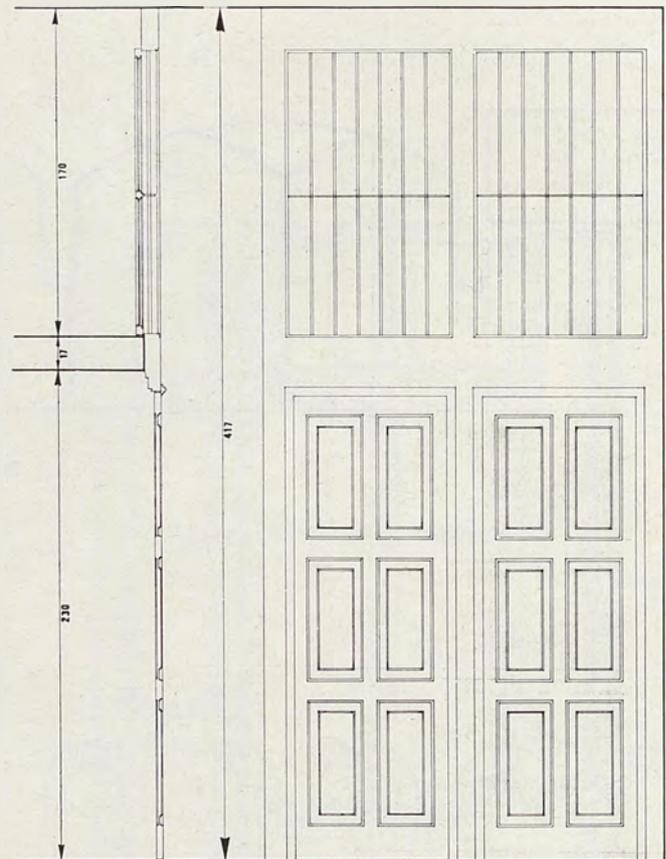
21 b



21 e

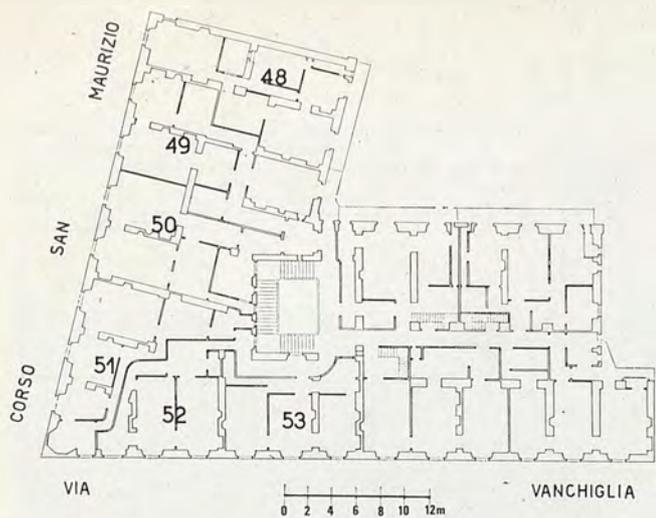


21 c

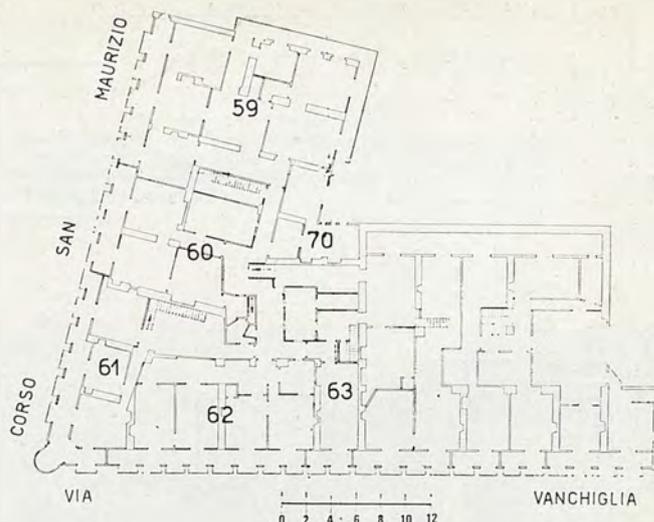


21 f

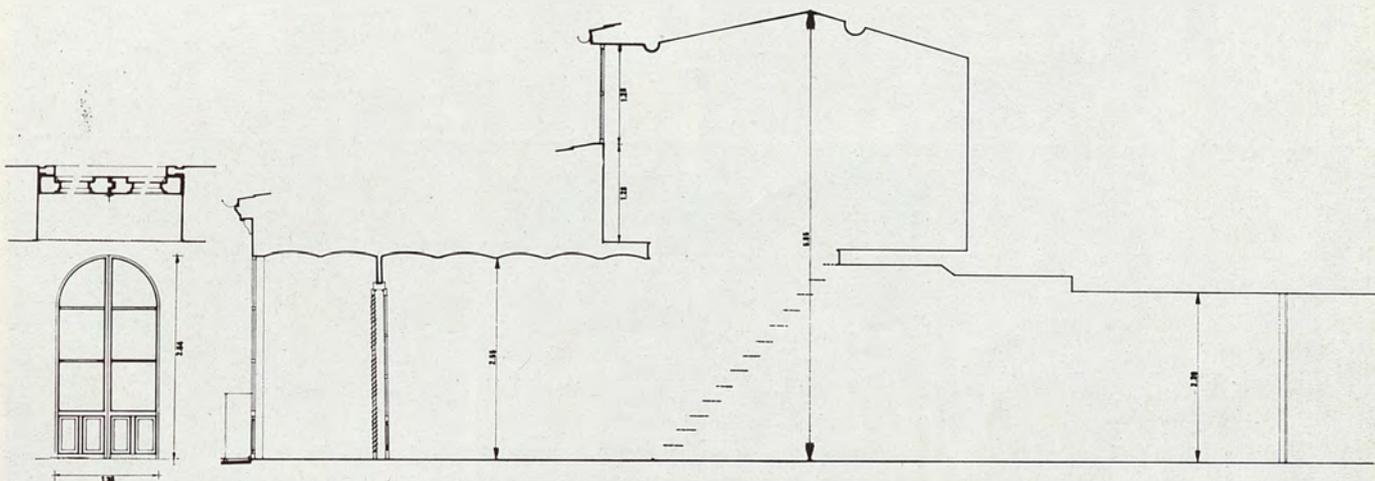
Fig. 21 - 3° piano - a) progetto antonelliano intorno al 1846; b, c) Costanzo Antonelli, nuove configurazioni attuate agli inizi del secolo. Si osservi il soppalco sistematico delle cucine e le batterie di camini che riducono progressivamente la flessibilità pressoché illimitata dei piani bassi; d) pianta condominiale: l'infittimento del taglio degli alloggi determina l'introduzione di singoli corridoi di servizio curvilinei; e) sezione di un soppalco con le fonti di illuminazione ed aerazione; f) serramento gemino con finestre sovrapposte per il soppalco.



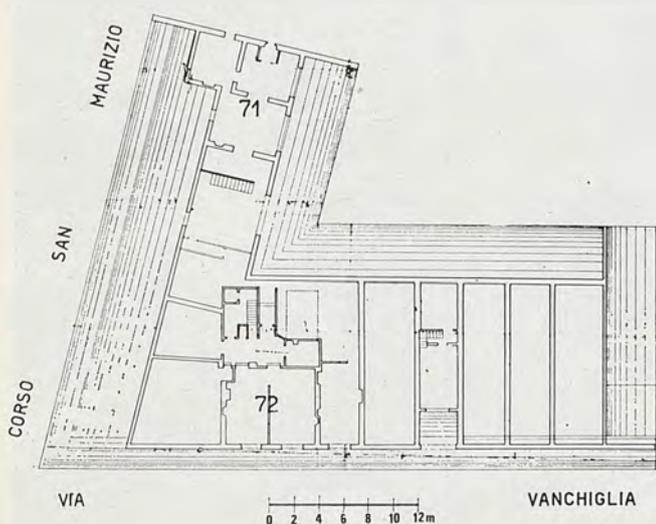
22 a



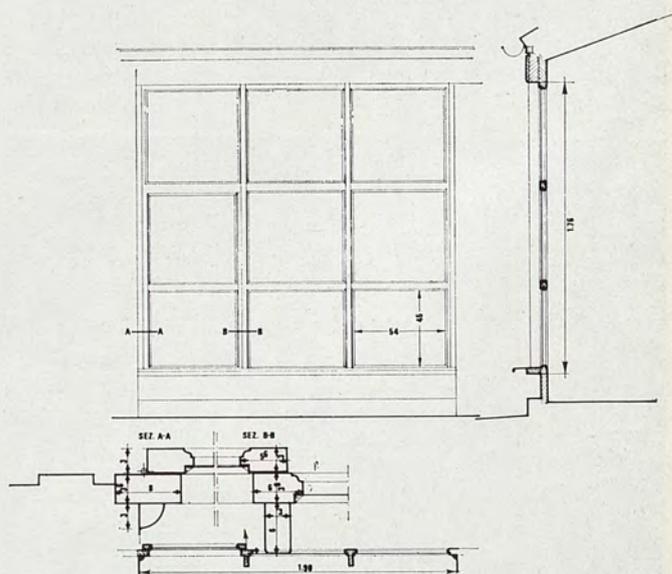
22 b



22 c

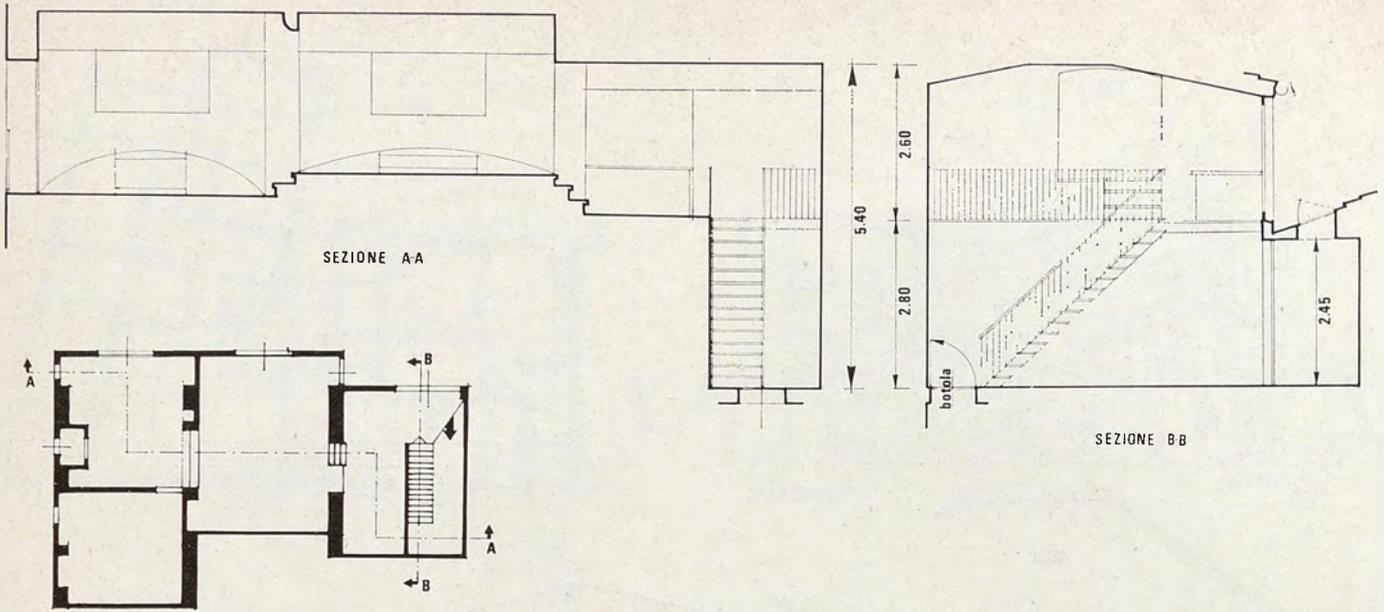


22 d



22 e

Fig. 22 - 4<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> piano - a) pianta condominiale del 4<sup>o</sup> p. Si vedano i molteplici percorsi serpentinati e il dilagamento verso il ripiano dello scalone; b) pianta condominiale del 5<sup>o</sup> p. I supporti presentano una singolare esilità; compaiono grandi ambienti assolutamente eccezionali per un piano formalmente di soffitte. Si veda lo straordinario episodio della galleria periferica dilagante verso l'esterno con i molteplici balconcini; il grande balcone d'angolo, verso l'interno, anch'esso proteso ad ampliare lo spazio utile (cfr. fig. 24c) e l'occupazione delle regioni circostanti il lucernario dello scalone; c) sez. sull'ingresso dell'alloggio 61 perpendicolarmente al corso. Sono visibili: il serramento arcuato della galleria a due ante rotanti su di un esile perno centrale; il secondo serramento con persiane incorporate per il condizionamento ambientale interno; l'ambiente a tutta altezza ricavato sfruttando il sottotetto, illuminato da un lucernario verticale; il sopralco con scaletta di accesso; d) 6<sup>o</sup> piano - pianta condominiale del sottotetto; e) serramento con montanti esterni a sez. prismatica con funzione portante data la luce notevole, sopra l'ingresso dell'alloggio sezionato nella fig. 23.



23

a

b

c



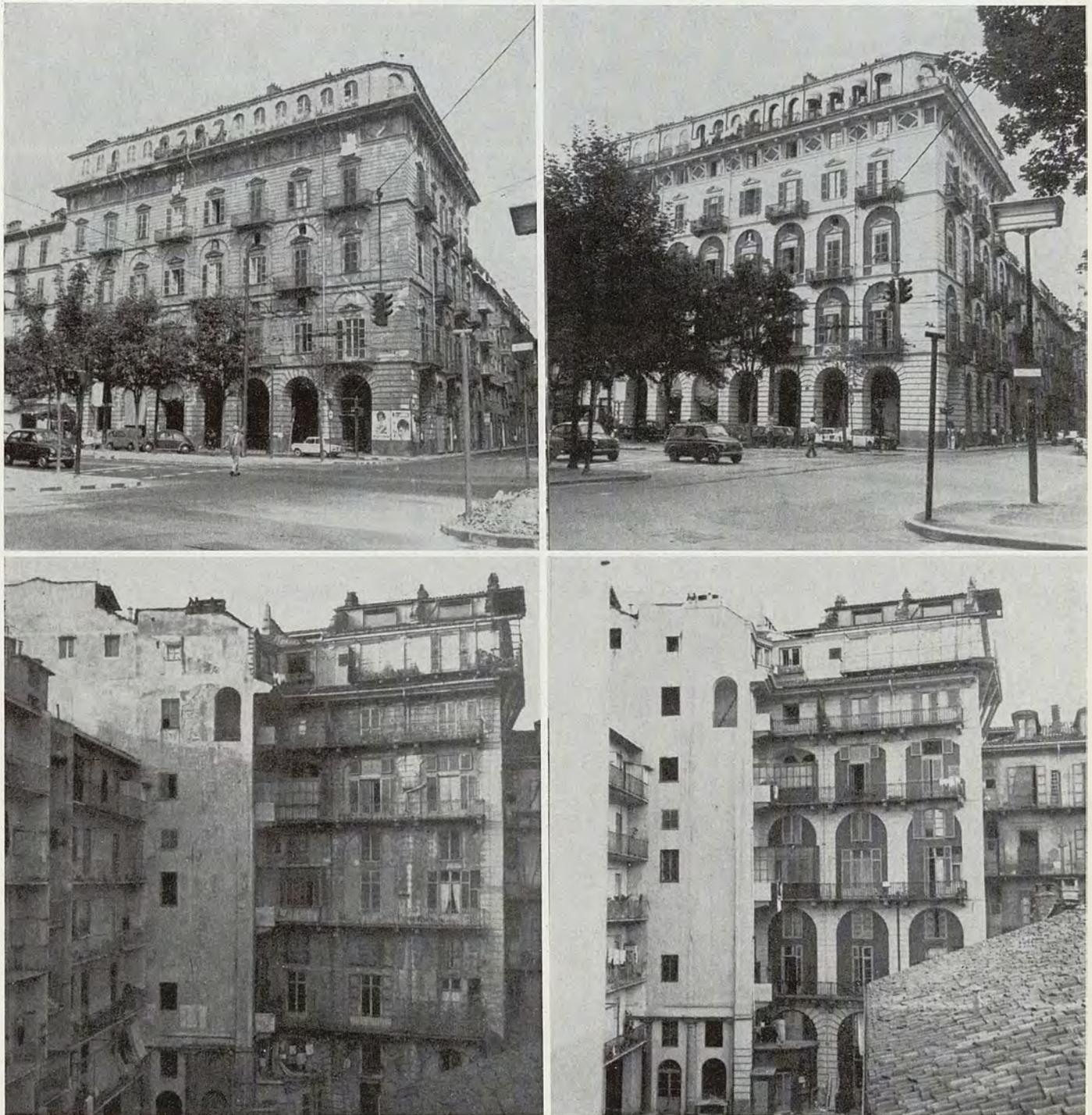
24

e

Fig. 23 - 6° piano, alloggio in duplex con ingresso al 5° piano. L'ambiente è a tutta altezza, collegato con botola ai piani inferiori; presenta 3 locali altimetricamente differenziati.



Fig. 24 - Prospetti esterni e interni e sottoportico. Nella fig. c è visibile il grande balcone costituito da giganteschi lastroni in pietra sorretti da mensole lignee a travi inscatolate, per protezione, in involucri di assicelle. Si osservino le finestre dalle forme incessantemente variate e gli scuri scorrevoli su guide di ferro. La fig. d mostra il sottoportico con il ballatoio ricavato al di sopra della bussola; nella e si può osservare un serramento semicircolare con ringhiera incorporata.



25

Fig. 25 - Prospetti esterni ed interni prima e dopo i lavori di restauro. Si osservi il valore squisitamente architettonico della tinteggiatura policromatica, il significato, insomma, *cromoplastico* della decorazione antonelliana. La galleria superiore e, verso cortile, le straordinarie addizioni, quasi da « torre Velasca », esaltano polemicamente il processo di espansione degli spazi interni, che violenta e sconvolge ogni equilibrata e conclusa configurazione.

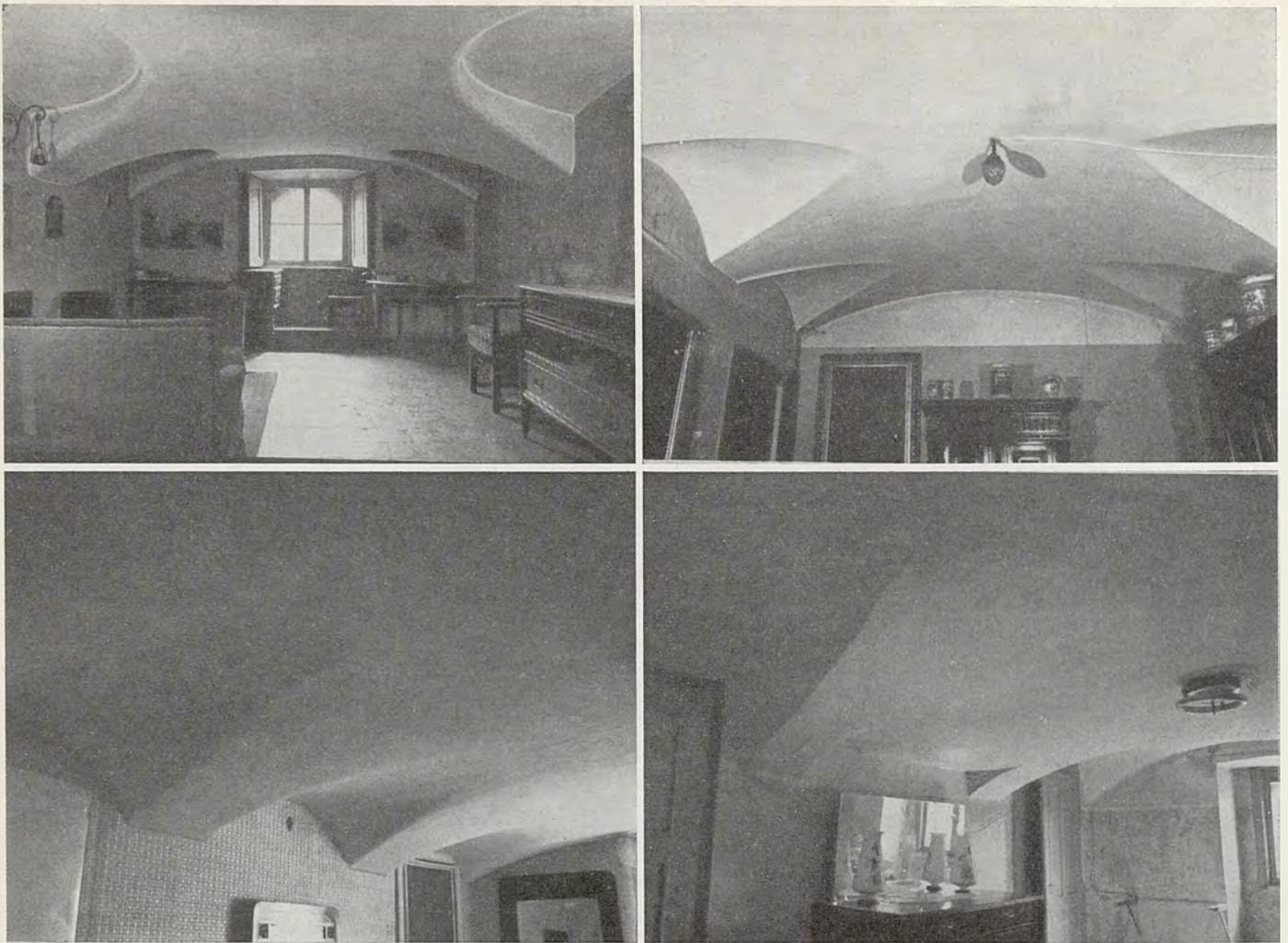


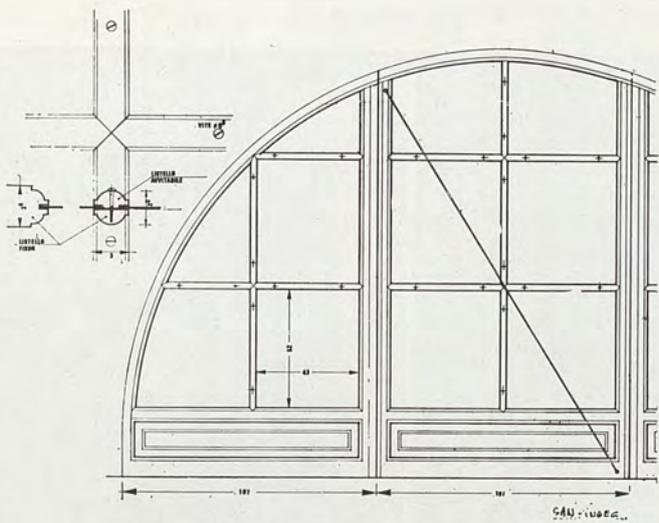
Fig. 26 - Interni - esemplificazioni della ricca casistica della copertura antonelliana.

Fig. 27a - Prospetto parziale del serramento semicircolare dell'ammezzato con particolare costruttivo di un nodo. Il serramento è costituito da due parti laterali fisse e da un'anta centrale apribile sul ballatoio soprabussola. Si osservi l'esilità dei listelli, avvistabili per la vetratura a secco e il tirante diagonale in ferro d'armatura. 27b - Sez. dello stesso con particolare del ribaltamento dello scuro. Gli scuri laterali, relativi alla porzione fissa di serramento, occupano esattamente la profondità dell'arco eroso; lo scuro della parte centrale si sovrappone al laterale al quale è articolato, previo slittamento in basso, grazie ad una cerniera ad aste scorrevoli, occupando esattamente l'alveolo ricavato per erosione del sottarco.



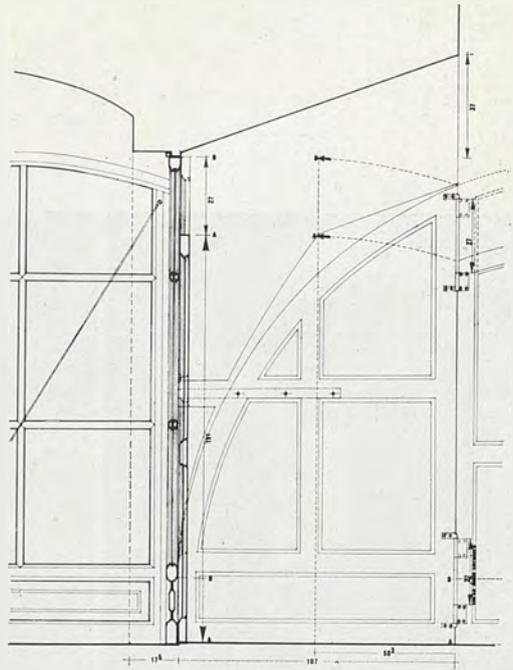
Fig. 28 - Interni - a) arcata al mezzanino del p.t.: si osservi la massiccia erosione attuata per consentire la rotazione delle ante ora scomparse (cfr. la fig. prec.) e il taglio mistilineo dell'apertura a sinistra; b) id. verso il cortile: anche in questo caso l'erosione ha intaccato la figura regolare dell'arco; c) apertura nel mezzanino del 1° p. verso cortile: le ante in apertura fanno da porta per i ripostigli ricavati nei sottarchi laterali; d) parete vetrata parallela alla fronte nel mezzanino del 1° piano.





27a

a



27b

b



c

28

d

Fig. 29 - Interni - a) corridoio degli ammezzati del p.t.; b) occhialone aperto sul vano scala al 1° p.; c) corridoio al piano della galleria; d) scala interna di collegamento del 1° p. con la caratteristica imbottitura antonelliana a concavità reiterate; e) la galleria; f) alloggio nel sottotetto.

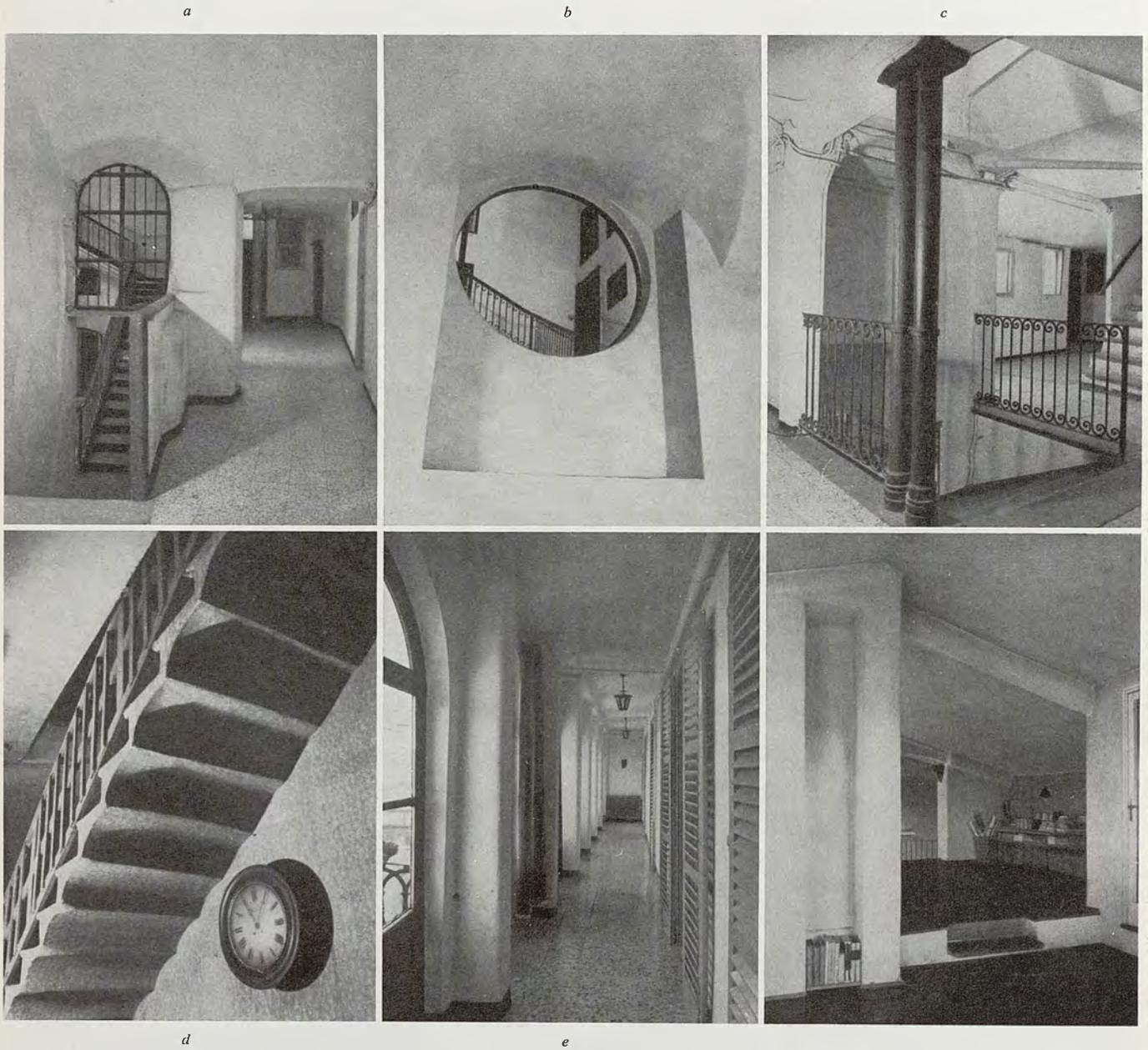
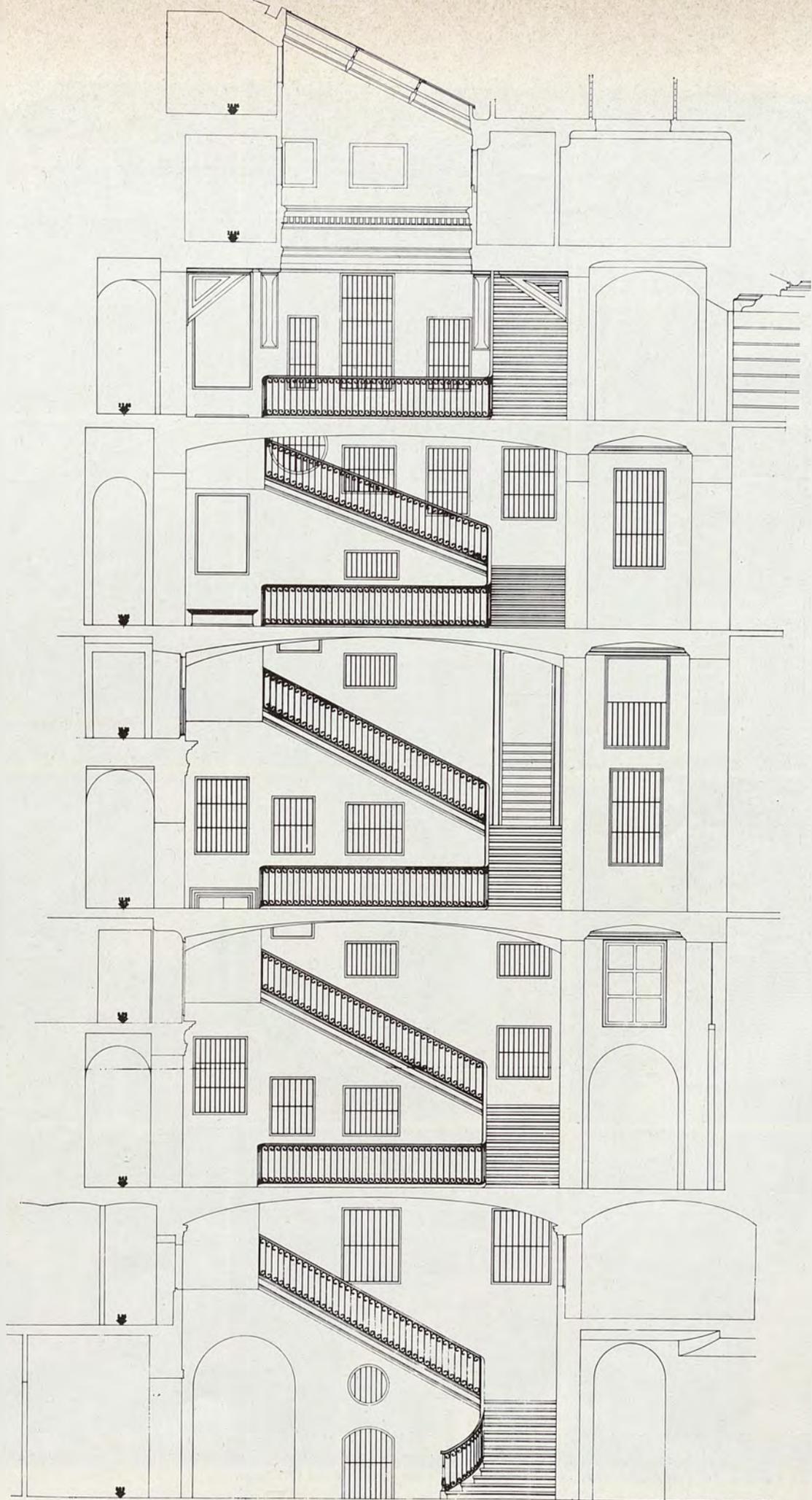


Fig. 30 - Sez. dello scalone e dei locali contigui (Disegno di Angiola Gili). ➔



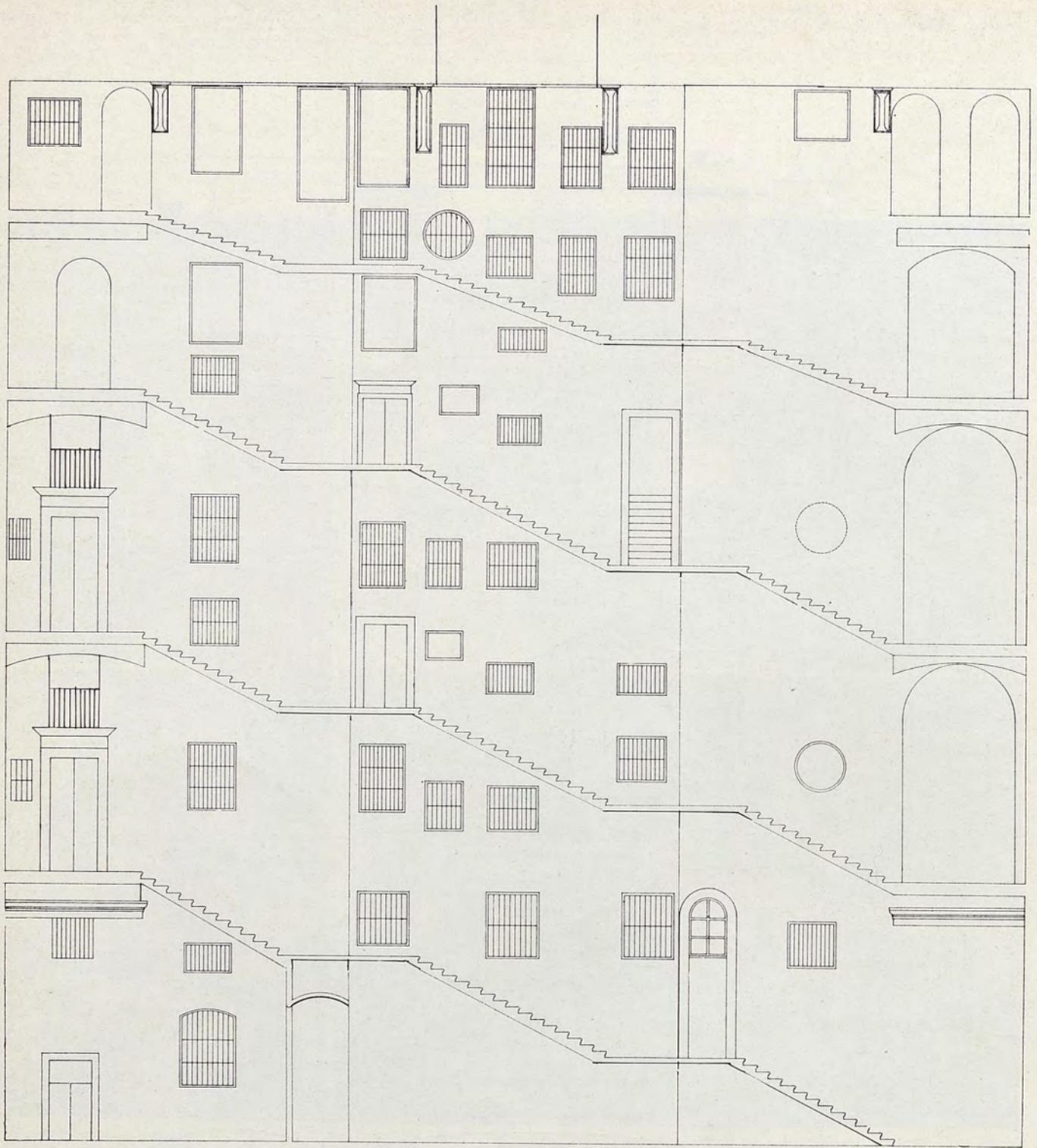
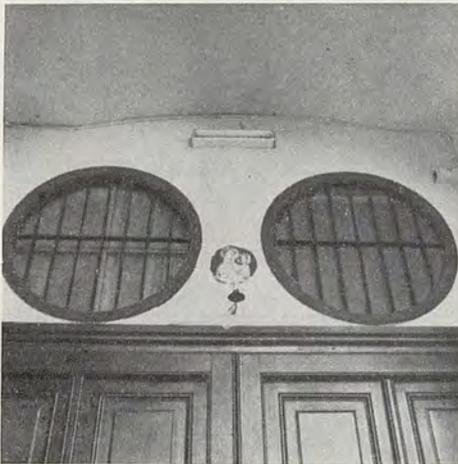
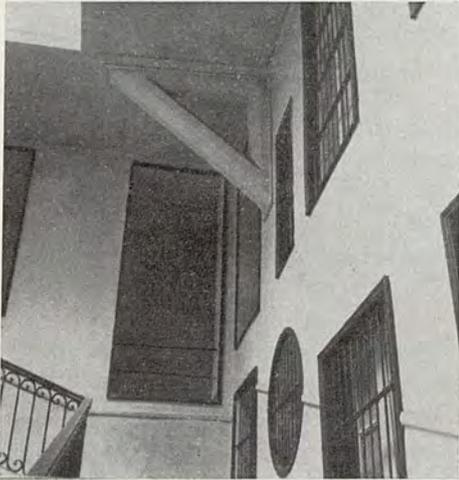
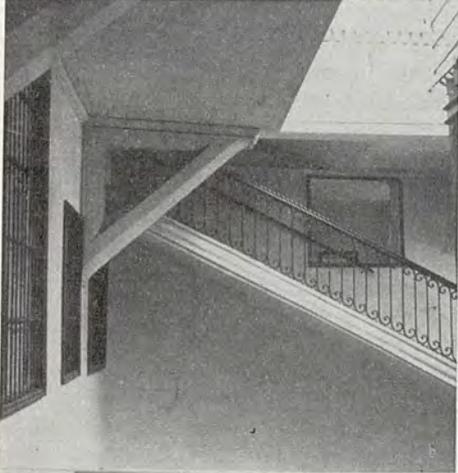
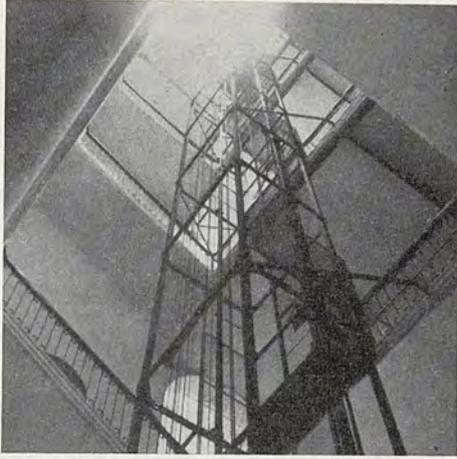
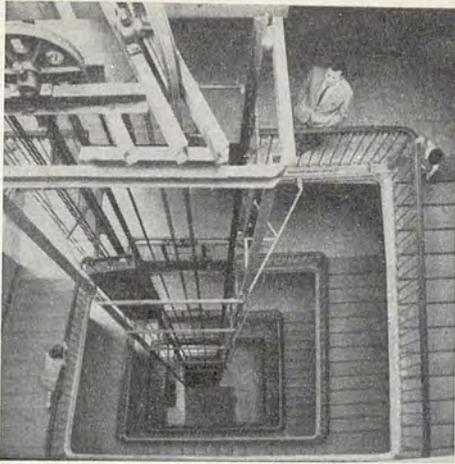


Fig. 31 - Sviluppo dello scalone (Disegno di Angiola Gili).

Fig. 32 - Particolari dello scalone. ➔

*I disegni 15b; 16a, b, c; 17; 18a, b, c, d; 19a, b; 21a, b, c; sono ricavati da disegni originali antonelliani conservati presso il Museo Civico di Torino. Le fotografie 24d, 26, 28 e 30 sono state eseguite da Bresano.*



*Continuando la pubblicazione di alcune relazioni presentate al Convegno dell'Associazione Italiana di Aeronautica ed Astronautica A.I.D.A.A., tenutosi a Torino nel giugno scorso, si riportano le seguenti due memorie illustrative di problemi spaziali che attualmente vengono dibattuti in sede europea.*

## **Progetto preliminare degli Scudi Termici nel Vettore Europa III**

*ERNESTO VALLERANI, Dirigente del Servizio Studi Speciali della FIAT Divisione Aviazione, riferisce sui recenti studi che hanno visto impegnati i tecnici italiani nel programma europeo di progetto di un lanciatore di satelliti: EUROPA III.*

La realizzazione più impegnativa della FIAT Divisione Aviazione nel campo delle Attività Spaziali è stata certamente la progettazione, costruzione e qualifica a terra ed in volo degli Scudi Termici del vettore EUROPA I; con tale complessa attività l'Italia ha contribuito in maniera positiva al programma europeo dell'E.L.D.O. (Ref. 1, 2).

Gli Scudi Termici di un vettore comportano numerosi problemi estremamente impegnativi ed interessanti sia per quanto riguarda la progettazione che la costruzione; basti ricordare i problemi termici, quelli aeroelastici, quelli dinamici della separazione da un lato ed i problemi tecnologici delle materie plastiche dall'altro, che hanno dovuto essere affrontati per la prima volta in FIAT a partire dal 1963 nel corso dello sviluppo degli Scudi Termici di EUROPA I.

I voli di messa a punto e qualifica del vettore EUROPA I hanno confermato il raggiungimento di tutti gli obiettivi del progetto, dalla resistenza ai carichi di volo statici e dinamici, all'isolamento termico del vano satellite, alla radio trasparenza, alla dinamica della separazione, permettendo di raccogliere utili informazioni, tramite un'adeguata strumentazione, sui modelli matematici adottati e sviluppati per la progettazione.

Erano appena iniziati i lanci del vettore EUROPA I che già si parlava di un vettore potenziato l'ELDO B., i cui Scudi Termici vennero affidati ancora una volta alla FIAT; furono studiati Scudi di dimensioni imponenti, diametro 3 m, altezza 10 m che non vennero realizzati in quanto il programma fu abbandonato a causa di una delle ricorrenti crisi delle attività spaziali europee.

Molti anni più tardi nel 1969 si ritornò a parlare di una nuova generazione di Lanciatori Spaziali Europei, ed ancora una volta la FIAT sviluppò, su contratto ELDO, una serie di studi sulle possibili configurazioni di Scudi Termici atti a coprire le future necessità; furono eseguiti studi parametrici per diverse configurazioni aventi diametro massimo compreso fra i 2 ed i 3,6 m ed altezza totale fra i 4 ed gli 8 m.

Nel frattempo ultimato il programma iniziale si era passati al programma EUROPA II, nuovi scudi modificati per le sopraggiunte esigenze furono progettati e costruiti dalla FIAT.

Da ultimo allorché si è profilato alla ribalta, pur sempre travagliato dalle croniche carenze di decisioni programmatiche il promettente program-

ma EUROPA III destinato a dare all'Europa un lanciatore di caratteristiche superiori, fu nuovamente la FIAT Divisione Aviazione ad essere chiamata dall'ELDO per svolgere lo studio di fattibilità degli Scudi Termici, anche se la partecipazione del Governo Italiano al programma era, come tuttora permane, dubbia.

L'essere l'ELDO ricorso, fra le tante ditte europee, alla FIAT, in una situazione politicamente così avversa è motivo di grande soddisfazione ed orgoglio per noi in quanto attesta che in Europa la FIAT Divisione Aviazione ha saputo guadagnare con le sue realizzazioni ed i suoi studi un posto di tutto rilievo in questo settore altamente specializzato.

### **SCelta DELLA CONFIGURAZIONE**

La funzione principale degli Scudi Termici di un Lanciatore di satelliti si può così riassumere: « Proteggere il Carico Utile dalle azioni aerodinamiche e termiche nella fase di attraversamento dell'atmosfera ».

Fra i principali requisiti imposti al progetto degli Scudi Termici ricordiamo quelli fondamentali che condizionano in modo rilevante la scelta della configurazione:

a) la resistenza alle forze aerodinamiche esercitate dall'aria sulla prora del vettore;

b) l'isolamento termico del compartimento del carico utile, che non deve eccedere nel corso del volo una preassegnata temperatura per non danneggiare il satellite;

c) la trasparenza alle radio onde nella gamma delle frequenze utilizzate dai sistemi di telemisura installati a bordo;

d) la capacità di separazione dallo stadio superiore, senza interferenze con il Carico Utile od altre parti del vettore.

Il tema proposto dall'ELDO per gli studi relativi agli Scudi Termici di EUROPA III è stato: « Scudi da 3,8 m di diametro e 10-11 m di altezza di forma sfera-cono-cilindro ottimizzata ».

Gli studi di ottimizzazione hanno preso l'avvio dall'indagine della missione base; partendo dalla traiettoria tipica in assenza di vento fornita dall'ELDO ed utilizzando i programmi di calcolo a disposizione per le traiettorie bidimensionali, si è indagato l'effetto del vento in quota sulla base di profili rilevati in Guiana; sono stati così ottenuti i parametri base: numero di Mach, pressione di-

namica, angolo di incidenza, densità del flusso di calore nel punto di ristagno che costituiscono il punto di partenza per gli studi di aerodinamica, di trasmissione del calore, e per l'analisi strutturale.

I primi due requisiti fondamentali: la resistenza ai carichi aerodinamici e l'isolamento termico condizionano l'ottimizzazione della forma esterna degli scudi. Quali parametri liberi sono stati scelti il raggio della calotta sferica  $1,3 < R_N < 0,8$  ed il semiangolo di apertura del cono  $30^\circ < \theta_C < 20^\circ$ .

Ricorrendo ad un programma di calcolo delle forze aerodinamiche basato sulla correlazione di dati sperimentali, sono state valutate la forza assiale, la forza normale totale, la posizione del centro di pressione, nonché il momento delle forze aerodinamiche rispetto alla base, per una ventina di configurazioni ottenute combinando i parametri  $R$ ,  $\theta_C$  e per diverse combinazioni quota-velocità.

Risultando limitata l'influenza dei suddetti parametri, nell'ambito dei valori assunti, sul valore della forza normale totale e sul momento alla base degli Scudi, la scelta della configurazione è stata ottenuta attraverso ad un compromesso fra il valore della resistenza (notevolmente influenzato dall'angolo di semiapertura del cono ed in minor misura dal raggio della calotta ed il volume interno racchiuso dagli Scudi, pure esso gradualmente influenzato dal valore dell'angolo di semiapertura del cono (fig. 1).

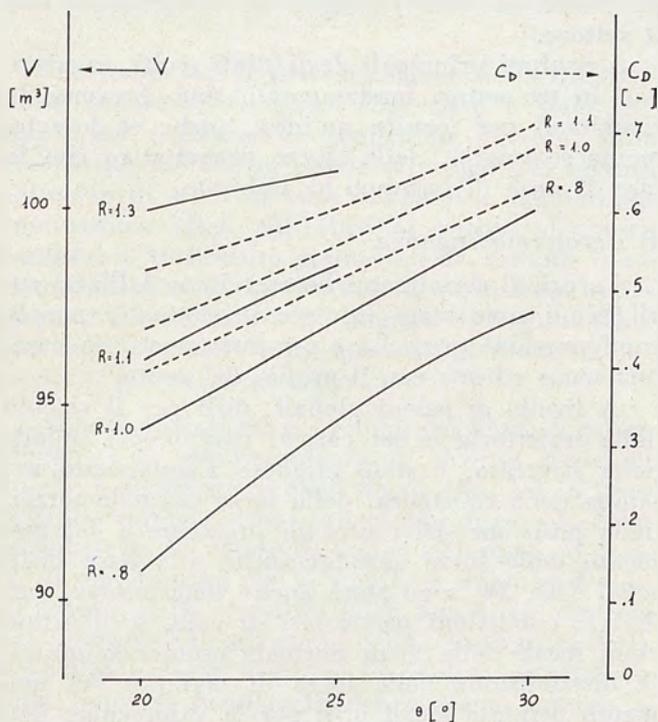


Fig. 1 - Compromesso: volume - coefficiente Resistenza

La configurazione emersa dall'indagine sui carichi aerodinamici risulta quella avente raggio  $R_N=1,1$  m ed angolo del cono  $\theta_C=20^\circ$ , simile nella zona prodiera a quella adottata per gli Scudi Termici di EUROPA I; si tratta di un ragionevole compromesso che offre il vantaggio di poter utilizzare gran parte dei risultati sperimentali e dei dati teorici relativi al campo di moto ed alle forze agenti

sul vettore, a suo tempo raccolti e sviluppati per il vettore EUROPA I.

Le implicazioni derivanti dalla variazione dei parametri caratterizzanti la geometria degli Scudi sulla distribuzione del flusso di calore convettivo sono state valutate in modo parametrico facendo ricorso al « Metodo della Geometria di Riferimento » (Ref. 3) sviluppato nel corso degli studi di ELDO B al fine di pervenire ad una rapida evidenziazione delle differenze indotte dalla configurazione geometrica rispetto ad una configurazione base assunta quella raccomandata dagli studi di aerodinamica.

L'indagine è stata svolta sulla base di un parametro rappresentante il valore medio del flusso di calore incidente sopra tutta la superficie degli Scudi; si è riscontrato che anche per i flussi di calore l'effetto del raggio è meno marcato di quello dell'angolo di semiapertura del cono, e si è inoltre constatato che a parità di geometria del corpo gli effetti sono più vistosi nel caso di flusso assunto turbolento.

La scelta della configurazione  $\theta_C=20^\circ$  e  $R_N=1,1$  m è stata confermata, in quanto il basso valore dell'angolo di apertura del cono garantisce livelli accettabili del flusso di calore locale sul cono, mentre il valore sufficientemente elevato del raggio allevia i problemi nella zona di ristagno senza penalizzare troppo la regione a valle.

Il terzo requisito fondamentale, la trasparenza alle radio onde, condiziona invece la scelta dei materiali; come avvenne per gli Scudi di EUROPA I ci si è orientati sui materiali plastici, in particolare modo sulle resine fenoliche rinforzate con fibra di vetro, resistenti alle elevate temperature, che hanno dimostrato di essere trasparenti alle radiofrequenze di interesse, come è emerso dall'ottima ricezione dei segnali durante i passati voli di EUROPA I e II.

A causa dei requisiti di isolamento termico combinati con quelli di stabilità aeroelastica, nonché di adeguata rigidità per sopportare i carichi dinamici alla separazione, la scelta del tipo di struttura è stata imperniata sulla acquisizione di un elevato spessore e rigidità, con peso contenuto, il che ha portato alla scelta della soluzione a « sandwich » con nido d'ape in materiale plastico incollato ai fasciami in laminato plastico mediante adesivi resistenti alle elevate temperature.

L'architettura generale degli Scudi Termici è infine influenzata in modo determinante dall'ultimo requisito fondamentale connesso al complesso problema della separazione durante il volo propulso del Secondo Stadio.

Le dimensioni veramente imponenti degli scudi acquiscono, al momento della separazione, una serie di complessi problemi di interfaccia con il vettore; gli Scudi infatti non solo devono separarsi rimanendo integri, essi non devono interferire con lo stadio sottostante e non devono invadere lo spazio riservato al Carico Utile, ma non debbono indurre carichi statici e dinamici eccessivi nella struttura dell'Interstadio al momento della separazione.

Sono state prese in considerazione soluzioni con gli Scudi divisi in due, tre, quattro elementi detti « petali »; all'aumentare del numero dei petali aumentano ovviamente i problemi e le difficoltà della connessione e della disconnessione, però vengono ridotti i pericoli delle interferenze con il Carico Utile.

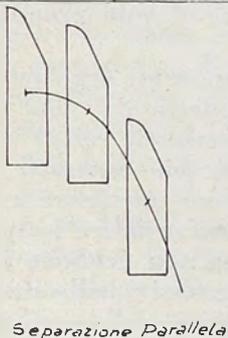
Altri vantaggi e svantaggi connessi all'aumentare del numero dei petali sono da mettersi in relazione al tipo di separazione considerato; due sono i tipi analizzati nel corso degli studi di fattibilità: separazione parallela e separazione con cerniera.

La separazione parallela, quale quella adottata con successo per gli Scudi Termici di EUROPA I e II, consiste nella separazione ed allontanamento contemporaneo dei petali fra loro e dall'Interstadio, operato con asse longitudinale dei petali parallelo a quello del vettore, mentre la separazione con cerniera consiste nel disingaggio dei petali seguito da una rotazione attorno ad una cerniera fissata alla base dell'Interstadio che libera i petali dopo una preassegnata rotazione.

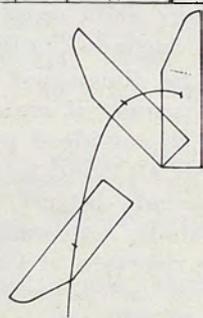
La separazione con cerniera richiede energia inferiore per la rimozione dei petali in quanto sfrutta l'accelerazione del vettore; è necessario fornire infatti solo l'energia per portare il baricentro del petalo oltre la verticale alla cerniera provvedendo poi la spinta del missile a ribaltare gli Scudi; i carichi indotti tramite la cerniera sulla struttura dell'Interstadio sono però più elevati essendo concentrati rispetto a quelli derivanti da separazione parallela.

#### SCELTA SISTEMA SEPARAZIONE

CRITERI	Fattore di valutazione	Separazione parallela			Separazione con cerniera		
		2	3	4	2	3	4
		Petali	Petali	Petali	Petali	Petali	Petali
Affidabilità	4 x	8/9	7/8	6/7	7/8	6/7	5/6
Esperienza	4 x	9/10	7/7	6/6	7/7	7/8	6/6
Sviluppo, tempi e costi	4 x	7/8	9/9	8/8	6/7	8/8	7/7
Strutture	3 x	7/7	9/9	9/9	7/7	9/9	9/9
Problemi di interfaccia	3 x	7/10	9/9	8/8	8/8	8/8	7/7
Penalità in peso	2 x	7/8	8/9	7/8	6/7	7/8	6/7
Involuppo del carico utile	2 x	5/7	7/8	8/9	6/8	9/10	9/10
Complessità del sistema di separazione	1 x	9/10	7/8	6/7	8/8	7/7	6/6
Totale							
	▽ Calotta Suddivisa	180	183	167	157	174	156
	▴ Calotta Integrale	199	192	176	171	186	164



Separazione Parallela



Separazione con Cerniera

Figura 2

Combinando i due sistemi di separazione ed il numero dei petali e considerando due diverse possibilità per la calotta: solidale con un sol petalo o suddivisa, sono state ottenute dodici configurazioni che sono state valutate a confronto tenendo conto di diversi fattori quali: l'affidabilità del sistema, il peso del sistema, i problemi di interfaccia con il vettore, il tempo ed il costo di sviluppo della soluzione, la complessità del sistema di eiezione e l'esperienza già acquisita in sistemi analoghi. Assegnando a ciascun fattore un indice di merito è stata eseguita una valutazione globale che ha messo in luce come preferenziali per essere approfondite negli studi di sviluppo, tre soluzioni (fig. 2):

i) separazione parallela a due petali calotta suddivisa punti 199/230;

ii) separazione parallela a tre petali calotta suddivisa punti 196/230;

iii) separazione a cerniera a tre petali calotta suddivisa punti 186/230.

#### RISULTATI DEGLI STUDI DI SVILUPPO

Per la configurazione prescelta sono state successivamente effettuate diverse indagini e più dettagliati studi tendenti ad approfondire il progetto nei suoi settori più critici; è stato affrontato il delicato problema delle interfacce meccaniche ed elettriche con la Vehicle Equipment Bay sottostante gli Scudi ed altri problemi di integrazione con il vettore.

I risultati principali degli studi svolti, raggruppati in tre settori fondamentali, sono brevemente richiamati per fornire un'idea, anche se forzatamente sommaria, dello sforzo progettuale che la fase di studi di sviluppo ha richiesto.

#### a) Aerodinamica

Le azioni aerodinamiche esercitate dall'aria sugli Scudi sono state valutate in dettaglio per la configurazione prescelta e per due traiettorie base, una senza ed una con il profilo del vento.

A livello di azioni globali, utili per il calcolo della traiettoria e dei carichi complessivi indotti nella struttura, è stato ottenuto l'andamento nel tempo della resistenza, della forza normale totale, della posizione del centro di pressione e del momento delle forze aerodinamiche alla base degli scudi (fig. 3); sono state anche determinate, per diverse condizioni particolari di volo, le distribuzioni locali della forza normale ottenendo quindi la distribuzione della forza di taglio e del momento flettente locali utili per la valutazione dettagliata della distribuzione dei carichi agenti sugli Scudi Termici (fig. 4).

Utilizzando alcuni dati sperimentali sulla distribuzione di pressione per il regime sub-transonico e ricorrendo ad un metodo di calcolo semplificato per il regime super-ipersonico (Ref. 4) sono state ottenute le informazioni relative al campo di moto necessarie per la valutazione della distribuzione del flusso di calore convettivo lungo la superficie degli Scudi Termici.

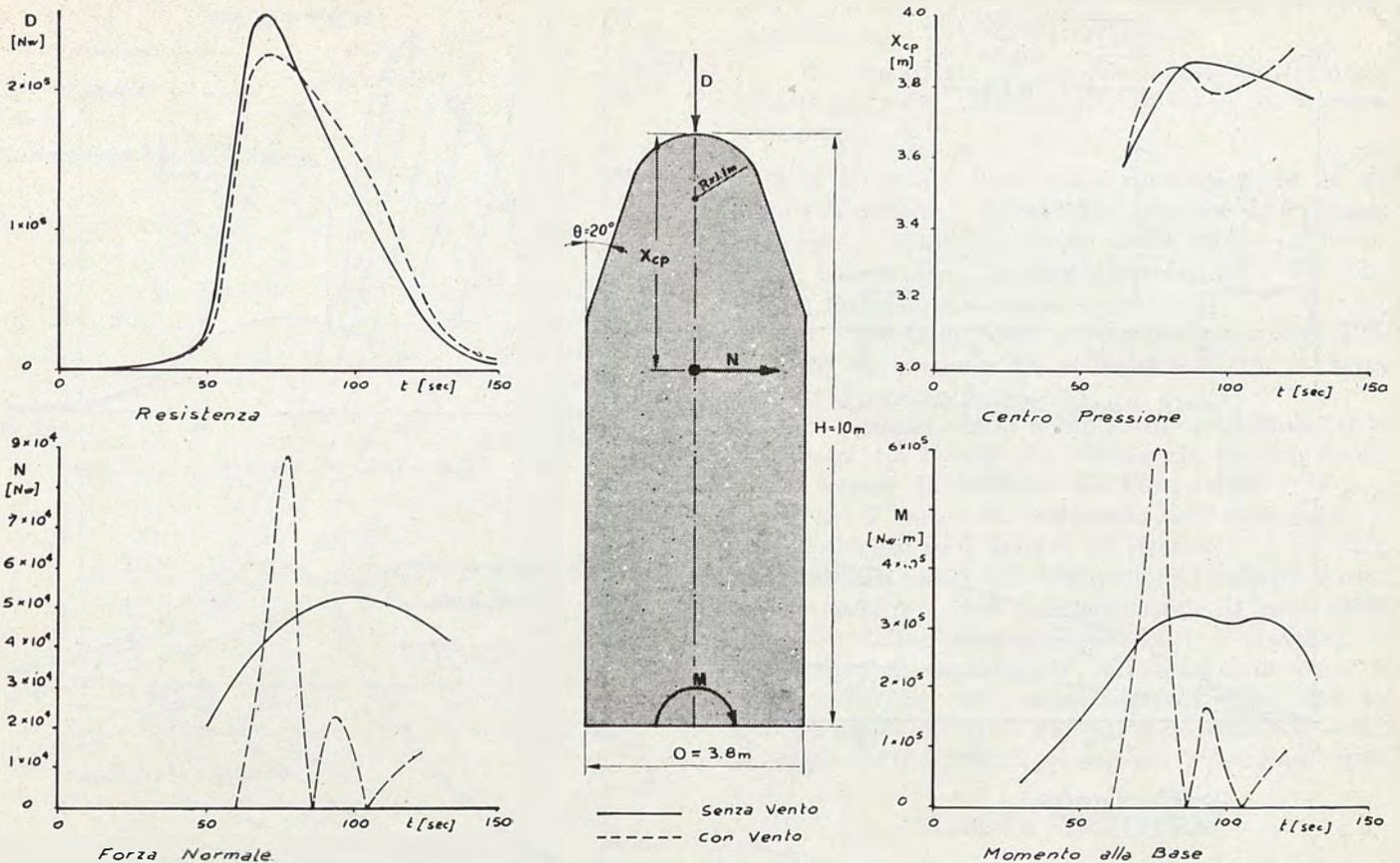


Figura 3

Lo studio per la determinazione della distribuzione del flusso di calore convettivo è stato eseguito, per preassegnate condizioni di volo, sulla base di un metodo originale sviluppato di recente nel corso di studi di base nel settore dell'aerotermodinamica (Ref. 5); oltre al regime di flusso laminare e turbolento è stato anche trattato il regime transizionale con transizione dello strato limite fissata a diversi valori del numero di Reynolds basato sullo spessore della quantità di moto, in accordo ai più moderni criteri.

Nota la variazione nel tempo dei flussi di calore convettivi in corrispondenza di diverse posizioni tipiche e significative degli Scudi (fig. 5a), è stato possibile valutare, con i programmi di calcolo della trasmissione del calore da tempo sviluppati, il campo di temperatura che si stabilisce durante il volo all'interno della struttura degli Scudi. Di particolare interesse è l'andamento della temperatura della superficie esterna degli Scudi, della temperatura della linea di incollaggio del fasciame esterno a causa delle rigide limitazioni imposte dall'utilizzazione di adesivi le cui caratteristiche decadono con la temperatura e della temperatura raggiunta sulla faccia interna degli Scudi che non deve mai superare i limiti imposti dal progetto (fig. 5b).

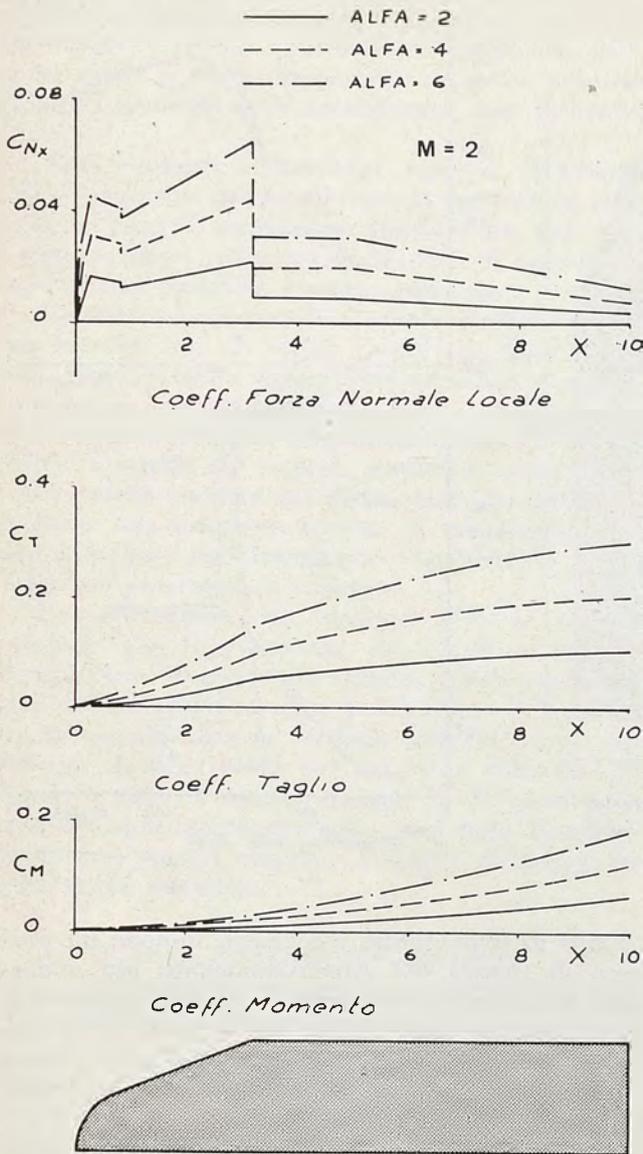
Ricordiamo che il dimensionamento, dal punto di vista termico, dei vari elementi della struttura non potendo essere fatto in modo diretto (note le condizioni ambientali termiche non si può risalire agli spessori degli elementi che garantiscono

i limiti di temperatura assegnati), impone un processo di ricerca del dimensionamento più opportuno attraverso ad una serie di calcoli ripetuti nei quali vengono fatti variare gli spessori degli elementi della struttura sandwich fino ad ottenere i valori desiderati delle temperature critiche di progetto.

I valori massimi di suddette temperature critiche di progetto sono riportati, per il dimensionamento definitivo della struttura e per le diverse ipotesi di stato dello strato limite, in funzione della posizione lungo gli Scudi (fig. 5c, d).

Fra i fenomeni aeroelastici esaminati ricordiamo il « buffeting transonico » ed il « flutter supersonico ». Sotto il nome di « buffeting » vengono indicati tutti quei fenomeni connessi con le oscillazioni di pressione non stazionarie che si verificano in particolari zone dei corpi tozzi, ad esempio il raccordo tra cono e cilindro, per particolari regimi di volo. Nel caso degli Scudi Termici, sulla base delle prove in galleria eseguite presso l'N.L.R. di Amsterdam che forniscono lo spettro di potenza delle fluttuazioni di pressione, è stato valutato lo spettro delle tensioni indotte alla base degli Scudi stessi da detto fenomeno aleatorio, ricorrendo ad un modello matematico della struttura grandemente semplificato che però si è dimostrato valido nell'analogo caso degli Scudi di EUROPA I. Dai calcoli risulta che il livello di sollecitazioni, staticamente determinato, è assai basso, il che assicura che per la configurazione prescelta il fenomeno non impensierisce.

## AERODINAMICA



Per quanto riguarda il « flutter » ossia il fenomeno delle oscillazioni autoeccitanti di una struttura provocato dall'accoppiamento dei sistemi di forze aerodinamiche, inerziali ed elastiche, che si verifica per particolari combinazioni del numero di Mach e della pressione dinamica, è stata eseguita una verifica per determinare in relazione alla rigidità dei petali il dominio delle configurazioni stabili.

Il modello matematico adottato (Ref. 6) risulta lo stesso utilizzato nel corso degli studi di EUROPA I; le curve di stabilità (fig. 6) indicano, per la configurazione senza rinforzi circonferenziali un valore minimo per la rigidità flessionale per unità di lunghezza del « sandwich » di  $2 \text{ cm}^3$  del quale si è tenuto conto nel dimensionamento degli Scudi. Analoghe indagini sono state effettuate nelle condizioni di campate dei petali ridotte a causa della presenza di anelli di irrigidimento ed alcuni studi nel settore sono tuttora in corso per ottimizzare la soluzione.

## TRASMISSIONE CALORE

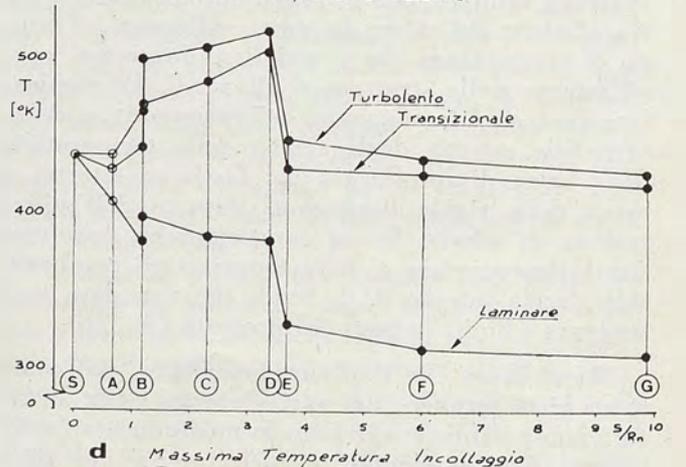
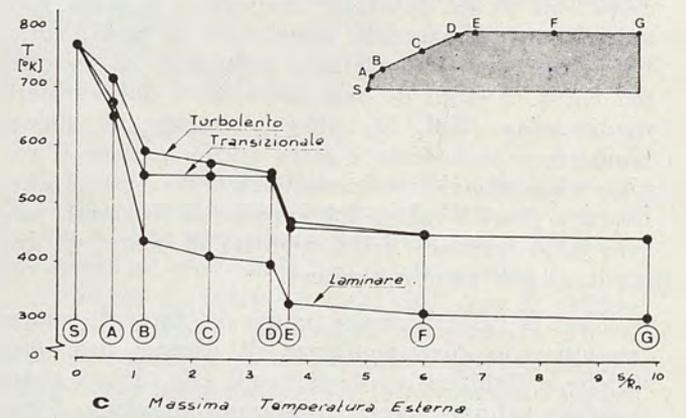
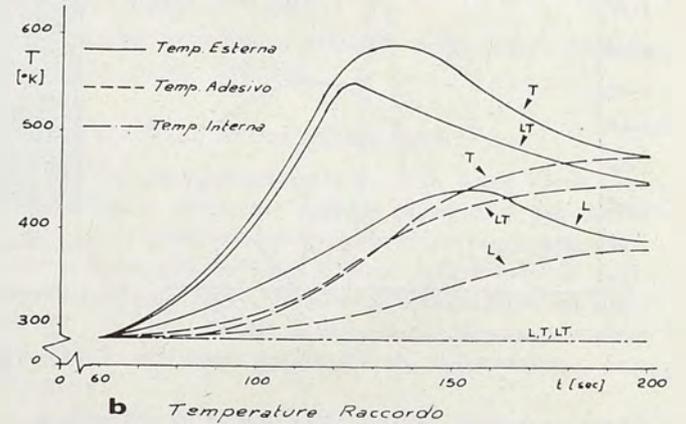
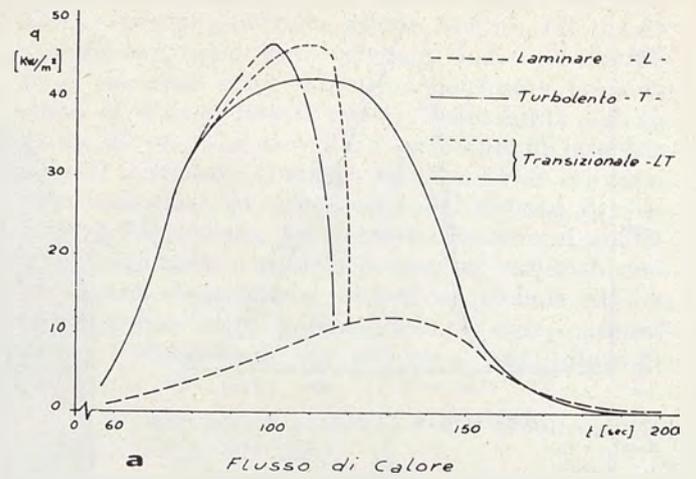


Figura 5

# AEROELASTICITÀ

## FLUTTER

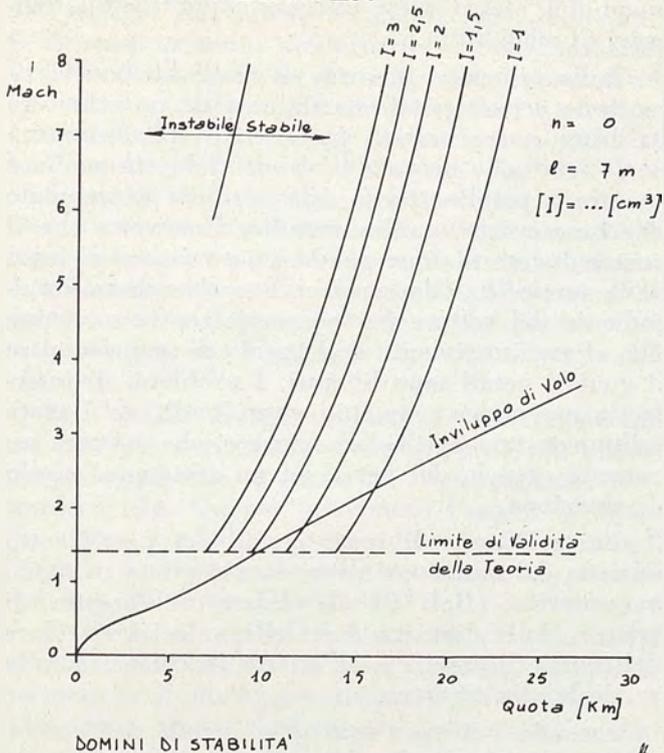


Figura 6

### b) Analisi strutturale

Nella fase di sviluppo è stato impostato il progetto statico e dinamico della struttura concepita come un guscio aperto di tipo « sandwich » i cui elementi fasciame esterno, nido d'ape, fasciame interno, vengono dimensionati in modo tale da resistere all'involuppo dei carichi termici, statici e dinamici che si verificano in volo. La struttura prevede elementi circolari di rinforzo il cui numero e le cui dimensioni vengono imposte dai requisiti di rigidità dettati dai fenomeni aeroelastici e dai carichi dinamici derivanti dalla separazione.

Lo spessore del fasciame esterno del « sandwich » è determinato unicamente in base ai requisiti termici; come si è detto, noto il flusso di calore che colpisce localmente la struttura e fissata la temperatura massima di esercizio per l'adesivo che assicura l'incollaggio con il nido d'ape, si ottiene lo spessore minimo della pelle esterna in laminato fenolico rinforzato con fibre di vetro.

Alla determinazione dello spessore e della densità del nido d'ape concorrono invece requisiti termici di isolamento della faccia interna e caratteristiche di rigidità dettate dal « flutter » e dalla separazione dei petali.

Lo spessore del fasciame interno del sandwich è determinato invece unicamente dai requisiti strutturali statici.

Ottenuto un dimensionamento di massima dei vari elementi della struttura sandwich lungo tutta la superficie degli Scudi (fig. 7) si passa alla verifica strutturale considerando i casi di carico fondamentali (Ref. 7) fra i quali i primari sono:

a) condizione di massimo carico aerodinamico  $t=75$  sec  $M=1,75$  prodotto incidenza pressione dinamica  $aq=328.000$  Pascal·grado.

b) condizione di massime tensioni termiche  $t=130$  sec circa,  $M=5,5$   $\Delta T$  variabile da sezione a sezione.

Per il primo caso sono state eseguite le seguenti verifiche: instabilità generale del guscio cilindrico, instabilità locali delle pelli (« dimpling », « wrinkling »), instabilità al taglio del nido d'ape, tensione nei fasciami (Ref. 8).

Per il secondo caso è stata eseguita invece la verifica di tensione di scollamento fra fasciame e nido d'ape (« flatwise »).

Per ognuna delle condizioni analizzate si è verificato che il carico a robustezza (carico limite per il fattore di sicurezza assunto pari ad 1,25) non eccedesse il carico di cedimento dell'elemento e si sono determinati i fattori di riserva.

Verificati tutti gli elementi e ridimensionati quelli deficitari si è valutato infine il peso della struttura nuda, senza cioè elementi di rinforzo, di giunzione, di separazione, ottenendo un peso di circa 1.600 kg cui vanno aggiunti circa 200 kg per gli elementi citati onde il peso totale previsto si aggira sui 1.800 kg, cui corrispondono indi-

## SCHEMA STRUTTURA

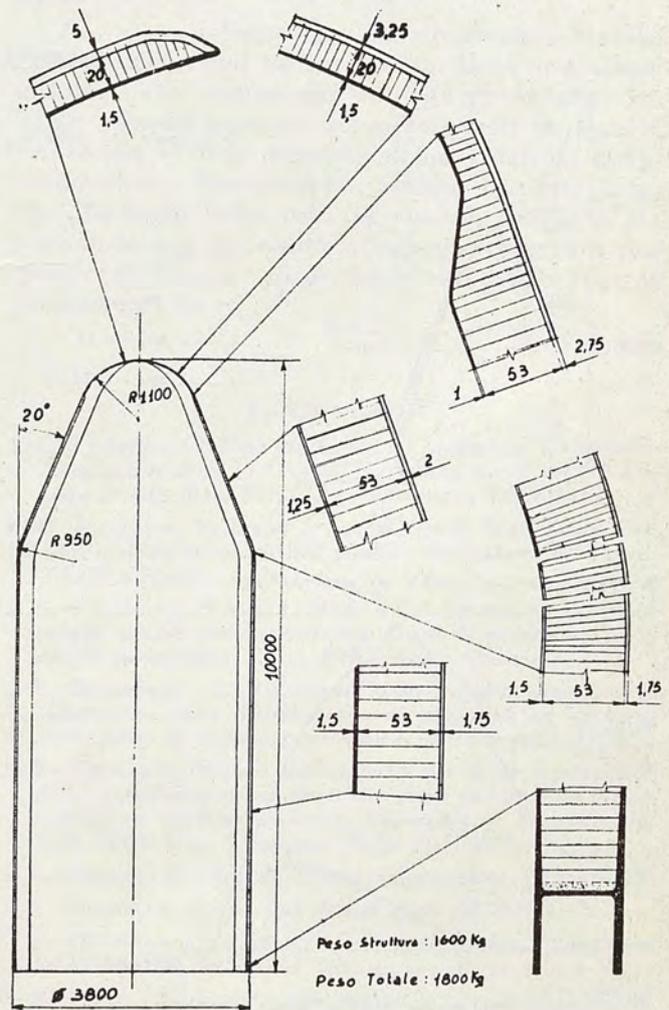


Figura 7

ci di bontà della struttura  $I_1 = M/l d^2 = 12,5$  ed  $I_2 = M/l^2 d = 4,75$  che a confronto con quelli relativi ad altri Scudi risultano particolarmente soddisfacenti.

Qualora le verifiche ai carichi aerodinamici del « flutter » ed ai carichi dinamici della separazione che sono tutt'ora in corso ponessero in evidenza la necessità di rinforzare la struttura aumentandone la rigidità, si è previsto di aggiungere fasce di rinforzo opportunamente dimensionate, di un materiale ad elevato modulo elastico quale la fibra di carbonio già allo studio per una tale applicazione presso i nostri Laboratori.

c) *Cinematica ed elastodinamica della separazione*

Le tre configurazioni indicate, nel corso degli studi preliminari, come preferenziali per quanto riguarda la separazione sono state successivamente esaminate a fondo in maggior dettaglio; la soluzione a tre petali con separazione a cerniera è alla fine risultata preferibile.

La separazione a cerniera offre il vantaggio di ridurre l'energia richiesta per la separazione ed il livello della spinta degli attuatori, ed inoltre permette di ridurre il numero dei dispositivi pirotecnici di separazione rendendo possibile l'utilizzo di un sistema pneumatico di chiavistelli, agenti nei

piani longitudinali di separazione dei petali, di nuova concezione che riduce i rischi di contaminazione del carico utile offrendo apprezzabili vantaggi di affidabilità.

Nella soluzione in corso di finalizzazione la rimozione dei tre petali è effettuata da un attuatore ballistico a tre braccia posizionato sulla sommità degli Scudi che provoca la spinta richiesta per fare ruotare i petali attorno alle cerniere posizionate alla base e rette dall'interstadio. Una volta che il centro di gravità di un petalo si è portato al di fuori della verticale della cerniera l'accelerazione longitudinale del vettore ne fa completare la rotazione fino al raggiungimento dell'angolo di sgancio, oltre il quale i petali sono liberati. I problemi di interfaccia meccanica sono stati approfonditi ed è stata sviluppata una particolare cerniera che assicura un corretto sgancio dei petali ad un assegnato angolo di rotazione.

Le traiettorie di moto rigido dei petali sotto l'azione dei martinetti sono state studiate in modo parametrico (Ref. 9) al variare dell'angolo di sgancio della cerniera  $\vartheta$  e della velocità angolare del centro di gravità  $\omega$  all'istante in cui passa sulla verticale alla cerniera.

Essendo l'energia fornita ai petali dell'accelerazione longitudinale del vettore di gran lunga superiore a quella richiesta dal dispositivo di sepa-

CINEMATICA SEPARAZIONE

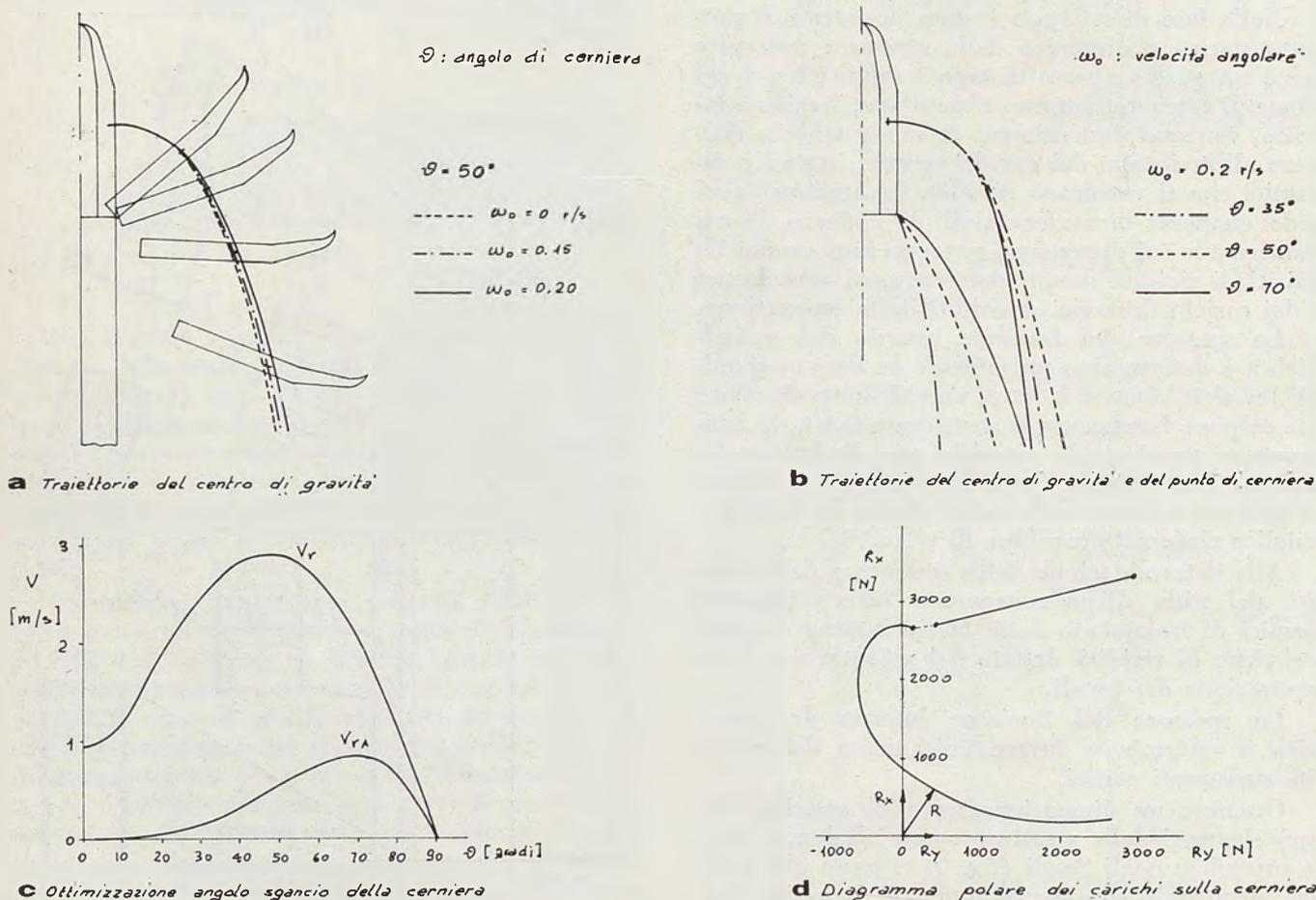


Figura 8

razione, le traiettorie di sgancio dei petali non risultano molto influenzate dal valore della velocità angolare di rotazione del baricentro, onde la scelta dell'energia da fornire ai petali, che condiziona il dimensionamento dell'attuatore è determinabile in base al margine che si vuole dare rispetto al valore minimo dell'energia che porterebbe i petali ad avere velocità di rotazione del baricentro nulla allorché sulla verticale della cerniera (fig. 8a).

L'angolo di disingaggio della cerniera risulta invece avere un effetto notevole sulla traiettoria di separazione; la componente radiale della velocità di rotazione del centro di gravità all'istante dello sgancio risulta il parametro base che presenta un massimo per un angolo di sgancio di circa  $50^\circ$  (fig. 8c).

Dall'analisi delle traiettorie di allontanamento dei petali si è riscontrato che il punto più critico per le interferenze è quello in corrispondenza della cerniera (fig. 8b) per tale punto l'angolo di sgancio ottimo è risultato essere di circa  $70^\circ$  e quindi l'angolo di disingaggio della cerniera sarà ottimizzato con un valore  $50^\circ < \theta < 70^\circ$ .

I carichi di inerzia trasferiti dalla cerniera alla struttura dell'interstadio sono stati valutati onde permettere il dimensionamento della struttura di diffusione; tipici risultati sono riportati in diagramma polare (fig. 8d) dal quale emerge che pur essendo elevati detti carichi sono facilmente assorbibili dalla struttura dell'interstadio.

Particolare rilievo è stato dato agli studi elastodinamici della separazione; essendo i petali, benché costruiti in struttura « sandwich » particolarmente rigida, elastici essi assorbono parte dell'energia che viene loro impartita al momento della separazione dissipandola nei modi vibratorii.

Nella progettazione degli attuatori preposti alla separazione dei petali si deve pertanto tenere conto di detta energia che non può essere convertita in energia cinetica di rotazione utile allo sgancio; sono stati eseguiti studi parametrici per valutare, in funzione della rigidità dei petali, l'efficienza della separazione definita come frazione dell'energia liberata dagli attuatori convertita in energia cinetica di rotazione, a tal fine è stata valutata l'energia potenziale accumulata in ciascuno dei modi vibratorii dei petali.

L'analisi delle vibrazioni indotte nei petali ha permesso di valutare lo spostamento del punto alla sommità del petalo dovuto ai moti vibrazionali, che combinato con la traiettoria di moto rigido ha permesso di definire l'effettiva traiettoria del punto in esame, utile per la determinazione dell'ingombro massimo del carico utile.

## CONCLUSIONI

A grandi linee sono state descritte le principali attività svolte nel corso degli studi di avan-progetto degli Scudi Termici del vettore EUROPA III assegnati dall'ELDO alla FIAT Divisione Aviazione; con la fine del mese di giugno si conclude questa fase di lavoro e si pone quindi urgente in tutta

la sua gravità il problema della continuazione delle attività.

La Conferenza dei Ministri che si deve riunire a Parigi in luglio, risolverà ci si augura il problema del definitivo avvio della fase di costruzione del vettore EUROPA III; pur ammettendo che una tale decisione venga maturata per tale data e la situazione internazionale lascia a bene sperare, rimane sempre l'interrogativo della partecipazione italiana al programma e di conseguenza l'assegnazione dello sviluppo e costruzione degli Scudi Termici alla FIAT risulta problematica.

Dato il grande interesse che l'acquisizione di un tale impegnativo lavoro riveste per la Divisione Aviazione della FIAT che ne curerebbe gli studi e per l'AERITALIA che ne curerebbe la realizzazione, è stato fatto ogni sforzo per elaborare una soluzione che dal punto di vista tecnico e realizzativo presenti vantaggi significativi rispetto a quelle concorrenziali possibili.

A livello tecnico l'ELDO sulla base dei risultati preliminari fino ad ora presentati, ha dimostrato una marcata preferenza per l'assegnazione alla FIAT di una tale attività, grazie alla grande esperienza accumulata in questi ultimi anni nel settore; qualora l'Italia rimanesse estranea al programma sarebbe però necessaria una approvazione a livello politico delle nazioni interessate al programma per rendere operativa una tale assegnazione.

In questa delicata fase del programma è auspicabile quanto mai un intervento decisivo e chiarificatore delle competenti autorità governative italiane, affinché possano maturare quegli impegni di lavoro per le ditte aerospaziali nazionali da tempo auspicati che libererebbero almeno in parte le nostre industrie dalla crisi in cui da tempo si trascinano in una pericolosa alternanza di grandi prospettive di lavoro e di profonde carenze di concreti programmi.

E. Vallerani

## BIBLIOGRAFIA

- 1) G. CIAMPAOLINI, *Nota sui lavori di progetto e di fabbricazione svolti dalla FIAT Div. Aviazione per il vettore spaziale ELDO*. Nota FIAT Div. Aviazione, TASS 65252.
- 2) U. SACERDOTE, *Sviluppo e qualificazione degli Scudi Termici e della struttura del satellite del vettore ELDO A*. Missili e Spazio, 1-2/67.
- 3) E. VALLERANI, *Il metodo della « Configurazione di riferimento per la valutazione dei flussi di calore su corpi conici arrotondati »*. Nota FIAT Div. Aviazione.
- 4) C. BOMBONATO - E. VALLERANI, *Metodi approssimati per la valutazione della distribuzione di pressione su corpi di rivoluzione in regime supersonico*. II Convegno AIDAA.
- 5) E. VALLERANI, *Metodo dei rapporti per la determinazione della distribuzione dei flussi di calore su corpi assialsimmetrici in regime laminare, turbolento e transizionale*. Nota FIAT Div. Aviazione, TASS 71-H-0923.
- 6) G. CHIARA, *Verifica di Flutter supersonico*, TASS 64093.
- 7) P. PIANTELLA, *Loads and design cases EUROPA III*.
- 8) P. PIANTELLA - G. SNIDER, *Structural Design Philosophy EUROPA III*, TASS 71-S-0938.
- 9) M. PORRU - F. ZAPPALA, *Jettisoning System Studies*, TASS 72-J-0982.

# EUROPA III - Presentazione dei lavori svolti durante la fase preparatoria e caratteristiche del vettore

G. OELKER del Segretariato dell'E.L.D.O. (European Launcher Development Organization) riferisce sulle attività di progetto del nuovo lanciatore di satelliti, cui hanno partecipato diverse ditte aerospaziali europee, destinato a soddisfare le future necessità spaziali europee.

## 1. INTRODUZIONE.

La missione assegnata al Segretariato dal Consiglio dell'E.L.D.O., per la fase preparatoria del programma EUROPA III, era di studiare un vettore adatto a mettere un carico utile di circa 750 Kg in un'orbita geostazionaria.

La soluzione proposta dal Segretariato è basata su vari aspetti, dei quali i preponderanti sono l'aspetto tecnico e quello finanziario.

Dal punto di vista tecnico si è ricercato il miglior compromesso tra l'uso delle conoscenze tecnologiche esistenti, richiedenti un minimo di nuovi sviluppi tecnologici, ed un progetto semplice ed affidabile, ma richiedente lo sviluppo di nuove tecnologie.

Si dovette così cercare la migliore soluzione tra lo sviluppo di tecnologie avanzate, che avrebbero permesso il progetto di un sistema teoricamente più semplice, ma al costo di un certo rischio tecnico e finanziario, e l'uso delle esistenti conoscenze tecnologiche, che non presentano in se stesse alcun rischio, ma che avrebbero condotto ad un vettore molto più complesso, soprattutto un più grande numero di stadi, per ottenere le prestazioni richieste.

Finalmente, fu deciso di abbandonare la seconda delle alternative che avrebbe aumentato i rischi, a causa delle complessità del vettore, e ridotto considerevolmente la affidabilità.

La configurazione scelta è essenzialmente composta da un vettore bi-stadio fornito di un sistema elettronico integrato.

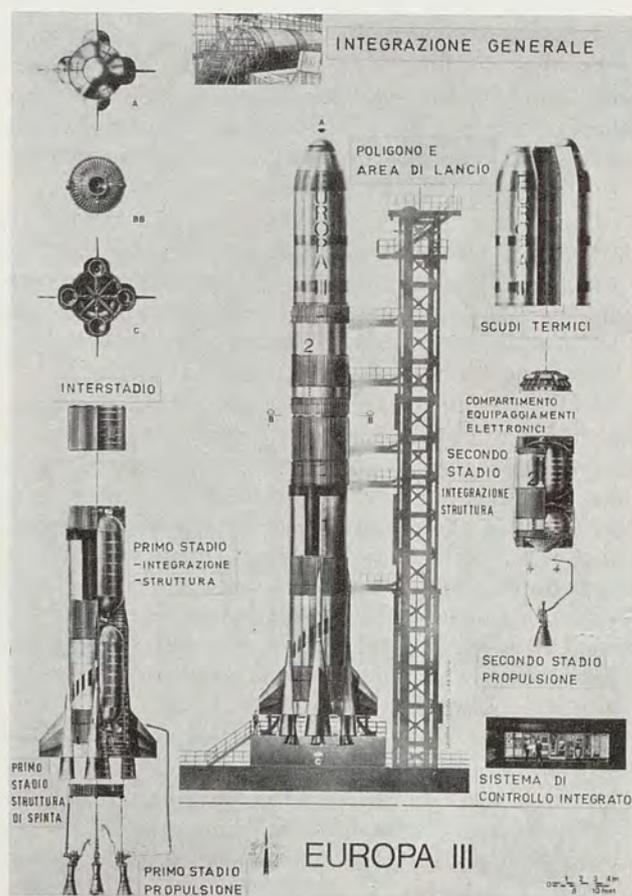
Il primo stadio si avvale di una tecnologia relativamente classica e di una generazione di motori sviluppata e messa a punto in Europa da molti anni a questa parte.

Il vero sforzo tecnologico sarà fatto nel secondo stadio, per il quale si dovranno mettere a punto le tecnologie criogeniche.

Questa configurazione permette di ottenere le prestazioni richieste, grazie all'alto  $I_s$  della miscela  $LO_2/LH_2$ , con un vettore bi-stadio, arrivando così allo scopo prefisso, massima affidabilità con un vettore il più semplice possibile.

Da notare tuttavia che si è coscientemente evitato di spingere le vecchie e le nuove tecnologie, usate in questo progetto, fino ai loro limiti. I vantaggi che ne conseguono sono di due tipi.

In primo luogo, così facendo, i rischi tecnologici e finanziari per lo sviluppo della struttura, della propulsione e del sistema elettronico di bordo, non vanno oltre il limite normalmente accettabile in un programma spaziale od anche aeronautico.



In secondo luogo, una volta effettuato un primo passo e messe a punto le nuove tecniche, si potrà fare un secondo passo in avanti spingendo le tecnologie usate verso il loro intrinseco limite superiore, aumentando così notevolmente le possibilità del vettore.

Da notare che le tecnologie criogeniche rappresentano un passo in avanti, passo già fatto dagli

Stati Uniti e dall'Unione Sovietica, necessario per l'Europa e le sue industrie se l'intenzione sarà di continuare sulla strada delle attività spaziali nel futuro.

Dal punto di vista finanziario si è cercato di definire un programma richiedente il minimo bilancio totale, compatibile con le prestazioni richieste. Questo scopo è stato raggiunto con la scelta sistematica delle soluzioni le più semplici, compatibili con la prescelta configurazione. Attualmente si prevede che una spesa totale di circa 300 miliardi di lire sarà necessaria per portare a termine il programma EUROPA III. A questa cifra il Segretariato ha suggerito di aggiungere un margine di circa 20 % per imprevisti tecnici.

In parallelo con gli studi diretti dal Segretariato, l'industria, allo scopo di trovare soluzioni più economiche, ha direttamente studiato, su richiesta di certe Delegazioni, altre possibili configurazioni utilizzando le attuali conoscenze tecnologiche e ricorrendo all'uso di propellenti liquidi ( $N_2O_4$  e  $UDMH$ ) e di propellenti solidi per il quarto stadio (in un caso anche per il primo stadio, con separazione parallela tra il primo e il secondo stadio).

Da questi studi sono risultate delle configurazioni non certo semplici con un'architettura estremamente complessa, vettori a quattro stadi, una massa totale al decollo almeno raddoppiata ed un'affidabilità notevolmente ridotta a causa del raddoppio delle separazioni tra stadi ed a causa del fatto che con tali vettori sarà molto difficile, se non impossibile, adottare, un sistema elettronico integrato.

Tuttavia almeno in un punto i cosiddetti « vettori economici » sono comparabili con la configurazione di Europa III studiata dal Segretariato: il costo. Esattamente. Ciò a causa della moltiplicazione degli stadi, dell'elettronica imbarcata ed a causa delle maggiori dimensioni richieste per le installazioni di lancio.

Questi dunque i principî adottati dal Segretariato per definire la configurazione del vettore Europa III. Ora, alla fine della fase preparatoria, durante la quale l'equivalente di 22 miliardi circa di lire è stato speso per identificare le soluzioni tecniche accettabili, scegliere le più attraenti e garantire la loro realizzazione nel limite di un bilancio totale accettabile, il Segretariato pensa di poter garantire il raggiungimento degli obiettivi tecnici prefissati ed il rispetto dei limiti finanziari e di tempo imposti.

Il Segretariato pensa anche che la soluzione scelta offre le maggiori garanzie di affidabilità con

un bilancio totale equivalente a quello di altre soluzioni, permettendo nello stesso tempo di ottenere un sostanziale aumento delle prestazioni.

## 2. I LAVORI PREPARATORI.

Nel 1969 almeno cinque differenti configurazioni furono studiate per Europa III. Finalmente tenuto anche dei problemi politici, inevitabili nei programmi internazionali, la versione E III B fu scelta e si diede avvio alla « Fase preparatoria », con l'obiettivo di definire un vettore compatibile con la configurazione prescelta (basata inizialmente sui soli sistemi propulsivi) e di preparare un programma che avrebbe permesso di qualificare il vettore nel più breve tempo possibile.

La fattibilità di Europa III fu così dimostrata durante la fase preparatoria. Nello stesso tempo le masse degli stadi e soprattutto la spinta totale del primo stadio furono riviste, allo scopo di ottenere le prestazioni richieste con un adeguato margine.

Questo lavoro fu effettuato in varie fasi. Alla fine di ogni fase i risultati ottenuti furono comparati con le prestazioni ottenute, con i margini rimasti ed i livelli tecnologici necessari.

La prima fase fu completata quattro mesi dopo l'inizio dei lavori. La seconda dopo altri tre mesi e durante la terza, la più lunga, si dimostrò che i livelli tecnologici richiesti erano raggiungibili mentre la stima del bilancio totale necessario per il programma Europa III era controllata e confermata. Questa fase durò nove mesi. In seguito si controllò la definizione tecnica di ogni elemento del vettore al livello più basso. Dopo quest'ultimo lavoro si poté concludere che il vettore Europa III era completamente definito e che la « Fase di sviluppo » poteva essere iniziata con grande confidenza.

## 3. IL VETTORE EUROPA III.

Il vettore Europa III è caratterizzato da un diametro costante di 3,8 m. Questo diametro fu scelto in funzione della massa totale di propellenti imbarcata sul primo stadio, 150 t. Ne consegue la riduzione della lunghezza del secondo stadio (20 t di  $LO_2$  e  $LH_2$ ), favorevole da un punto di vista strutturale, ed anche l'aumento dell'altezza totale degli scudi termici da 7 a circa 11 metri permettendo così di mettere in orbita satelliti più ingombranti od anche più satelliti alla volta.

Da notare che quanto sopra si basa sul principio che 1 : 12 è il massimo rapporto accettabile tra il diametro e l'altezza totale di un vettore.

La configurazione bi-stadio scelta offre la possibilità di minimizzare il numero di sistemi di bordo, riducendo così le probabilità di errato funzionamento.

Questa infatti è la vera caratteristica di Europa III. Due stadi, quattro motori nel primo, uno solo nel secondo, una sola separazione tra stadi, una telemetria per stadio ed un solo sistema elettrico di bordo al quale corrisponde, al suolo, un sistema di controllo e preparazione per il lancio integrato.

Il Segretariato considera che questa concezione sia un notevole passo in avanti, se paragonata ai vettori fino ad oggi sviluppati o studiati in Europa, nei quali la moltiplicazione delle separazioni, dei sistemi elettronici di bordo e dei sistemi di controllo al suolo conduceva ad una affidabilità totale alquanto ridotta.

#### *Il primo stadio.*

Ovviamente, nella qualificazione in volo di un vettore, il primo stadio giuoca un ruolo primordiale, poichè il secondo stadio potrà essere provato in volo solo se il primo avrà completata la sua missione. Per questa ragione, onde aumentare le probabilità di successo, si è cercato di semplificare al massimo il primo stadio.

Durante la Fase Preparatoria, la spinta unitaria dei motori del primo stadio fu portata da 40 t a 60 t riducendo così il numero dei motori da cinque a quattro. Ogni motore ha un grado di libertà per il controllo del vettore ed è mosso da un martinetto idraulico.

Le caratteristiche dei motori sono le seguenti:

Spinta unitaria	60 t
Consumo unitario	254,8 Kg/sec
Impulso specifico - al suolo	236,5 sec
Peso	640 Kg
Pressione di combustione	55 atm
Pressione all'uscita del divergente	0,5 atm
Rapporto di miscela U/N	0,536
Potenza della turbina	3183 HP
Velocità della turbina	9600 giri/min

I serbatoi principali sono costruiti in Vascojet 90, 15 CDV 6 secondo le norme francesi, materiale che presenta una buona saldabilità oltre a conservare buone caratteristiche di resistenza anche ad alta temperatura. Quest'ultima qualità è importante in quanto la pressurizzazione dei serbatoi è fatta con gas caldi (circa 300 °C) provenienti dai generatori di gas che alimentano le turbine dei motori.

Il volume unitario dei serbatoi principali è di 72,1 m<sup>3</sup>. Un terzo serbatoio di forma torica, co-

struito in acciaio inossidabile, è posto alla base del primo stadio, sopra il castello motore, contiene l'acqua necessaria per raffreddare i gas prodotti dai generatori ed usati per azionare le turbine. La massa totale dei propellenti è di 150 t.

Le altre strutture del primo stadio sono di tipo aeronautico in lega leggera. Alla base il primo stadio è completato da quattro carenature per proteggere i motori e quattro impennaggi per stabilizzare il veicolo.

Avendo centralizzato il sistema elettronico del veicolo, le apparecchiature di bordo, nel primo stadio, sono ridotte al minimo. Praticamente si ritrovano le alimentazioni, la telemetria ed i terminali dei sistemi centralizzati.

L'elemento strutturale che collega il primo al secondo stadio è costruito in lega leggera ed ha una struttura di tipo aeronautico. Qui si trova il sistema di separazione fisica tra i due stadi, questa è ottenuta tagliando letteralmente la struttura con una carica cava lineare.

A causa delle particolari caratteristiche del motore del secondo stadio, quattro propulsori a propellente solido imprimono al secondo stadio un'accelerazione minima, dopo la fine della propulsione del primo stadio, ma sufficiente a iniziare l'accensione del motore del secondo stadio.

Onde evitare rischi di collisione tra gli stadi al momento della separazione, quattro altri propulsori sempre a propellente solido, allontanano il primo stadio dal secondo dopo la separazione.

#### *Il secondo stadio.*

Solo l'uso di un secondo stadio utilizzante  $LO_2$  e  $LH_2$  permette di realizzare un vettore bi-stadio, in quanto la miscela  $O/H$  è la sola che può dare un  $I_s$  sufficientemente grande. Inoltre la realizzazione di un tale secondo stadio sarà praticamente la sola possibilità per le industrie europee di mettere a punto la tecnologia criogenica, sola ad avere un domani nel campo dei vettori spaziali.

Da alcuni anni infatti, tanto all'Ovest quanto all'Est, si va diffondendo l'uso di stadi utilizzanti l'ossigeno e l'idrogeno come propellenti.

Nel progetto del motore del secondo stadio si è voluto, per così dire, saltare un gradino. Visto che già in passato alcuni lavori erano stati eseguiti in Europa su motori a bassa pressione utilizzando l'ossigeno e l'idrogeno liquidi, anche se questi motori non avevano raggiunto lo stadio dell'applicazione spaziale si è voluto passare direttamente ad un motore ad alta pressione di combustione. Il vantaggio di un tale motore, rispetto ad un motore a bassa pressione di combustione, è duplice: ri-

dotto peso del motore stesso e guadagno notevole sull' $I_s$ .

Le caratteristiche di questo motore sono le seguenti:

Spinta	20 t
Consumo	45,5 Kg/sec
Impulso specifico	448 sec
Peso	430 Kg
Pressione di combustione	130 atm
Rapporto di miscela O/H	6
Potenza della turbina	9000 HP
Velocità della turbina	39.000 giri/min

I serbatoi principali sono costruiti in AZ5G (norme francesi). Questo materiale è conosciuto da anni e presenta buone caratteristiche di saldabilità e di resistenza alle basse temperature, 20 °K.

I volumi dei serbatoi principali sono di 16,4 m<sup>3</sup> per il serbatoio LO<sub>2</sub> e 44,3 m<sup>3</sup> per il serbatoio LH<sub>2</sub>.

La protezione termica necessaria per evitare una rapida evaporazione dei propellenti è costituita da materiale plastico espanso che avvolge completamente i serbatoi, lo spessore è di 16 mm.

La pressurizzazione dei serbatoi è ottenuta con He immagazzinato ad alta pressione in recipienti sferici situati all'interno del serbatoio LH<sub>2</sub>.

Le altre strutture del secondo stadio sono di tipo aeronautico, in alto una struttura disegnata per sostenere i carichi utili, serve anche di supporto alla vera centrale operativa del vettore. Qui si trovano il calcolatore di bordo, la piattaforma inerziale, la telemetria secondo stadio e le relative alimentazioni.

#### *Il sistema elettrico.*

Questa struttura è realizzata in nido d'ape.

Le ragioni sono due: protezione delle apparecchiature di bordo contro le basse temperature delle zone adiacenti al serbatoio LH<sub>2</sub>, temperature che malgrado la protezione termica potranno raggiungere -40 °C, e protezione contro le vibrazioni, in quanto le strutture in nido d'ape hanno ottime caratteristiche di smorzamento.

Al calcolatore di bordo, vero cervello del vettore, sono praticamente affidate tutte le funzioni. Il calcolatore chiede e riceve le informazioni necessarie da tutto il veicolo, ivi compreso il sistema di guida inerziale, e decide e imparte le istruzioni necessarie ai vari sistemi del vettore.

Questa ricerca di informazioni e trasmissione di ordini avviene in forma digitale attraverso un cosiddetto « data-bus ». Questo data-bus è composto da due rami, uno ascendente (richiesta di informazioni e loro ricezione) ed uno discendente (invio di ordini), lo si potrebbe paragonare alle vene ed alle arterie di un corpo umano.

Da notare che, durante la Fase Preparatoria, gli studi presero la direzione di un sistema centralizzato perchè si vide che solo in questo modo si poteva ottenere un insieme semplice di grande affidabilità. Il fatto che, indipendentemente, negli USA si sia arrivati alle stesse conclusioni conferma la validità delle conclusioni.

#### *Il sistema di controllo.*

Come conseguenza diretta del sistema elettrico integrato di bordo, è stato progettato un sistema integrato di controllo e preparazione per il lancio.

Il vettore Europa III, a differenza dalle procedure attualmente usate per i vari stadi dal vettore Europa II, sarà una prima volta controllato nel suo insieme in Europa e poi inviato alla base di lancio in Guyana per l'erezione, i controlli finali e la preparazione per il lancio.

Il cervello del sistema integrato di controllo è ancora una volta un calcolatore.

#### *La base di lancio.*

I due stadi di Europa III giungeranno in Guyana pronti per la erezione senza passare per una prima fase di preparazione, come accade per gli stadi di Europa II.

Le nuove installazioni comprenderanno una piattaforma di lancio con torre amovibile provvista di aria condizionata ed un centro di controllo semi-interrato dal quale verrà comandato il lancio stesso.

La posizione geografica delle nuove installazioni permetterà di lanciare in un vasto settore da 0° a 107,5°.

Un'altra innovazione importante rispetto ad Europa II sarà che i due stadi verranno riforniti in propellenti per telecomando, migliorando così notevolmente le condizioni di sicurezza per il personale di lancio.

#### 4. I TEMPI.

Durante gli ultimi mesi il programma ha sfortunatamente subito alcuni ritardi. Ritardi non certo dovuti a cause tecniche ma a cause di altro carattere che chiunque abbia dimestichezza con i programmi internazionali può facilmente immaginare.

Attualmente si prevede l'inizio della fase di sviluppo del programma Europa III per il 1° ottobre di questo anno. Questa ipotesi è valida solo nel caso che la decisione sulla continuazione di questo programma venga presa nel prossimo luglio durante la Conferenza Ministeriale dei Paesi membri dell'E.L.D.O.

Ne conseguirebbe un primo lancio (F1) all'inizio del 1978 ed i lanci seguenti (fino a F5) a intervalli di 6 mesi. Il primo lancio operativo del vettore Europa III potrebbe allora aver luogo a metà 1980.

#### 5. LE PRESTAZIONI.

La missione nominale di Europa III è di mettere in un'orbita ellittica di 200/36.000 Km un carico utile di circa 1550 Kg. Questo carico utile comprenderà un satellite di telecomunicazione, metà circa del carico utile, ed un motore d'apogeo capace di rendere l'orbita circolare all'altezza di 36.000 Km e quindi di rendere il satellite geostazionario.

All'altro estremo, il massimo carico utile che Europa III potrà mettere in un'orbita equatoriale circolare ad una altezza di 200 Km, sarà di circa 5600 Kg.

Missioni scientifiche verso i pianeti vicini saranno inoltre possibili per sonde spaziali del peso massimo di 700 Kg.

Queste dunque le possibilità del vettore bi-stadio. Tuttavia il Segretariato ha studiato quali possibilità sarebbero aperte utilizzando un terzo stadio.

La variazione dei carichi utili in orbita geostazionaria è molto sensibile, come era da aspettarsi, al tipo di propulsione finale adottato. La missione nominale di Europa III è stata calcolata usando un motore di apogeo di tipo classico, solido o con propellenti ipergolici. Nel caso si pensasse a propellenti ad alta energia,  $LO_2$  e  $LH_2$  o simili, il peso del satellite potrebbe salire a 1300 Kg circa, ma se si adottasse la propulsione elettrica alimentata da cellule solari il peso del satellite potrebbe raggiungere i 3000 Kg. La propulsione elettrica permetterebbe inoltre di inviare una sonda di 350 Kg circa verso Giove.

Ma questi sono sogni per il futuro. Oggi dobbiamo fare Europa III e farlo bene. Europa III dovrà essere semplice e di grande affidabilità, e dovrà dimostrare che l'Europa ha imparato la lezione impartita da Europa II.

#### 6. I COSTI.

Ed Europa III dovrà anche, se possibile, se fattibile, essere un vettore « relativamente » economico.

Il Segretariato aveva affidato alle industrie europee il compito di preparare una stima del bilancio totale necessario per Europa III. Nel '71

il Segretariato studiò le proposte delle industrie e informò il Consiglio che, a sua giudizio, un bilancio totale di poco più di 500 milioni di U.di C. sarebbe stato necessario. A richiesta del Consiglio certe ipotesi e certe soluzioni furono riviste ed a fine '71 il bilancio totale nominale fu portato a 470 milioni di U.di C. (1 U.C. = 625 lire).

I bilanci annui previsti hanno un massimo di 90 milioni di U.di C. « commitments » per i primi anni e decrescono più avanti fino ad un minimo di 10 milioni nel 1979. Questo per gli impegni, per i pagamenti è tuttavia prevista una ripartizione più uniforme.

Queste cifre sono cifre '71 e quindi compatibili con il valore che la moneta aveva nel 1971.

Tale sistema di valutazione è stato adottato poiché, per valutare il bilancio totale effettivo ed i bilanci annui, compatibili con il valore che la moneta avrà anno per anno, si sarebbe dovuto stimare il tasso di svalutazione della moneta negli anni a venire, cosa impossibile.

Al bilancio totale nominale si aggiungono i margini tecnici che sono stati valutati dal Segretariato per ogni elemento del vettore. Finalmente si è visto che la media di questi margini è equivalente al 20 % del bilancio totale ed il Segretariato pensa che questa somma dovrebbe essere disponibile anno per anno in modo da poterla usare rapidamente in caso di necessità.

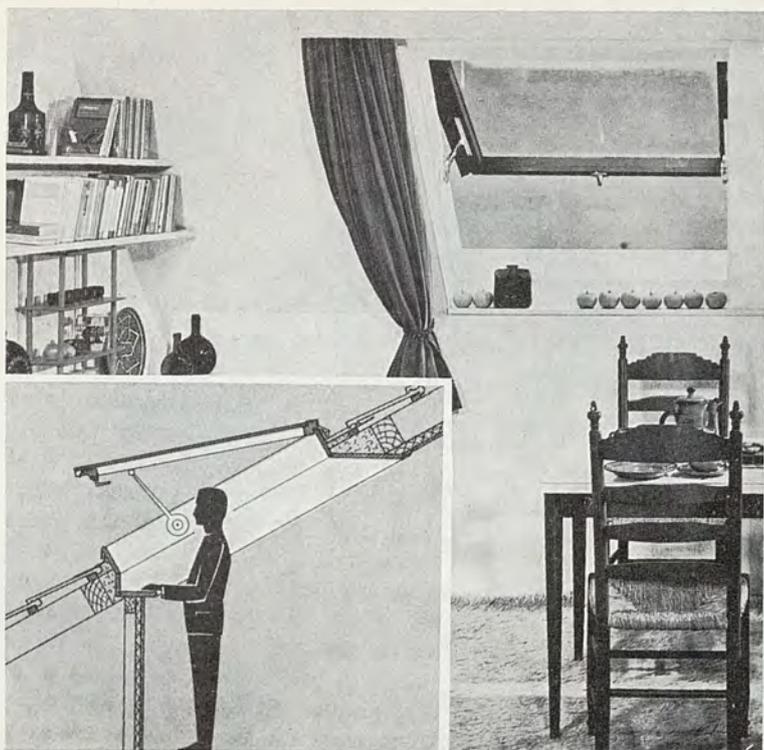
#### 7. CONCLUSIONI.

Il programma Europa III dovrà essere approvato e realizzato in Europa su una base multinazionale la più larga possibile. L'interesse tecnologico irrefutabile ne farà lo strumento più adatto per fornire all'Europa un trampolino verso l'impiego in molti campi delle tecniche di avvenire. Personalmente penso che in questo campo il programma Europa III offre maggiori possibilità di una piccola partecipazione europea nel programma americano detto Post-Apollo.

I ritardi che fino ad oggi ha sofferto questo programma non dipendono certo dal programma in se stesso, ma dalle incertezze nate dall'ultimo insuccesso del programma Europa II.

Il Segretariato crede di aver dimostrato che il programma Europa III può essere un grande successo per l'Europa, a condizione che una chiara decisione sia presa senza ulteriori ritardi, ed attende fiducioso questa decisione.

G. Oelker



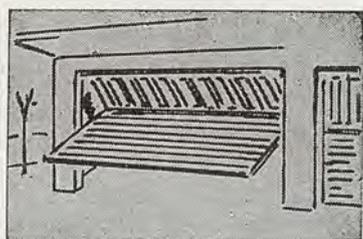
## ABBAINO ROTO

*per la valorizzazione  
del sottotetto*

- *Libero accesso e veduta*
- *Grande luminosità*
- *Perfetta tenuta*
- *Facile posa in opera*
- *Sei misure diverse*
- *Faldali perimetrali in acciaio zincato o in rame*
- *Doppio vetro isolante*
- *A richiesta con tenda alla veneziana*

**Ditta FRANCESCO GOFFI**

di Ing. A. Goffi & C. s.a.s. - 10123 TORINO  
Via Maria Vittoria, 43 - Telefono 83.13.20

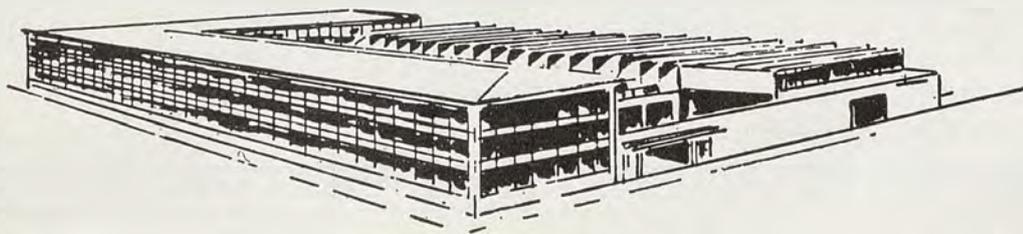


**SERRANDE DI SICUREZZA**

**BENEDETTO PASTORE**

S.p.A.  
Capitale Sociale L. 425.000.000

**ESPORTAZIONE** TUTTI I TIPI DI CHIUSURE DI SICUREZZA, AVVOLGIBILI "CORAZZATA" RIDUCIBILI, RIPIEGABILI, SCORREVOLI A BILICO PER ABITAZIONI, NEGOZI, GARAGES, STABILIMENTI



SEDE E STABIL.: 10152 TORINO - C. NOVARA, 112 - TEL. 233.933 (5 linee)



acciai  
speciali  
di alta qualità



PUBBLICITÀ COGNE '82

**ALCESTRUZZI**  
**TORINO** SpA

UFFICI E SEDE: VIA TIRRENO N. 45  
TEL. 502.102 (ric. aut.) - 10134 TORINO

## INDUSTRIA DEL CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

### CENTRALI DI BETONAGGIO N. 9

- 
- TORINO**
    - Via Nallino, ang. C. Orbassano - tel. 393.996
    - Via Sandro Botticelli - tel. 267.010
    - Via Pietro Cossa - tel. 737.070
  - MONCALIERI**
    - Corso Trieste, 140 - tel. 667.786
    - Regione Bauducchi - Corso Savona, 76 - tel. 645.859
  - LA LOGGIA**
    - Str. Statale n. 20 - Ponte Chisola - tel. 645.983
  - VENARIA**
    - Strada Caselle - tel. 592.800
  - RIVOLI**
    - C.so IV Novembre - tel. 950.416
  - ORBASSANO**
    - Str. Beinasco

CALCESTRUZZI A DOSAGGIO, A RESISTENZA GARANTITA E SPECIALI - GETTI CON POMPA